# BIODIVERSITÄTSINFORMATIK IN DEUTSCHLAND: BESTANDSAUFNAHME UND PERSPEKTIVEN

von

W.G. BERENDSOHN, C.L. HÄUSER & K.-H. LAMPE



BONNER ZOOLOGISCHE MONOGRAPHIEN, Nr. 45
1999

Herausgeber:
ZOOLOGISCHES FORSCHUNGSINSTITUT
UND MUSEUM ALEXANDER KOENIG
BONN

BONNER ZOOLOGISCHE MONOGRAPHIEN

Die Serie wird vom Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig herausgegeben und bringt Originalarbeiten, die für eine Unterbringung in den „Bonner zoologischen Beiträgen" zu lang sind und eine Veröffentlichung als Monographie rechtfertigen.

Anfragen bezüglich der Vorlage von Manuskripten sind an die Schriftleitung zu richten; Bestellungen und Tauschangebote bitte an die Bibliothek des Instituts.

---

This series of monographs, published by the Zoological Research Institute and Museum Alexander Koenig, has been established for original contributions too long for inclusion in „Bonner zoologische Beiträge".

Correspondence concerning manuscripts for publication should be addressed to the editor. Purchase orders and requests for exchange please address to the library of the institute.

---

L'Institut de Recherches Zoologiques et Muséum Alexander Koenig a établi cette série de monographies pour pouvoir publier des travaux zoologiques trop longs pour être inclus dans les „Bonner zoologische Beiträge".

Toute correspondance concernante des manuscrits pour cette série doit être adressée à l'éditeur. Commandes et demandes pour échanges adresser à la bibliothèque de l'institut, s. v. p.

BONNER ZOOLOGISCHE MONOGRAPHIEN, Nr. 45, 1999
Preis: 16,- DM
Schriftleitung/Editor: G. Rheinwald

Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig
Adenauerallee 150-164, D-53113 Bonn, Germany
Druck: JF. CARTHAUS, Bonn

ISBN 3-925382-49-6
ISSN 0302-671 X

# BIODIVERSITÄTSINFORMATIK IN DEUTSCHLAND: BESTANDSAUFNAHME UND PERSPEKTIVEN

von

W.G. BERENDSOHN, C.L. HÄUSER & K.-H. LAMPE

BONNER ZOOLOGISCHE MONOGRAPHIEN, Nr. 45
1999

HERAUSGEBER:
ZOOLOGISCHES FORSCHUNGSINSTITUT
UND MUSEUM ALEXANDER KOENIG
BONN

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Berendsohn, W. G.:
Biodiversitätsinformatik in Deutschland: Bestandsaufnahme und Perspektiven / von W. G. Berendsohn, C. L. Häuser & K.-H. Lampe. Hrsg.: Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn. - Bonn : Zoologisches Forschungsinst. und Museum Alexander Koenig, 1999
(Bonner zoologische Monographien ; Nr. 45)
ISBN 3-925382-49-6

# INHALT

# 1. BIODIVERSITÄTSINFORMATION

## 1.1. Einleitung

Diese Schrift soll Biologen aller Fachrichtungen, Informatiker und wissenschaftspolitische Entscheidungsträger gleichermaßen ansprechen. In interdisziplinären Artikeln, die an ein solchermaßen breites Publikum gerichtet sind, sind bisweilen Einführungen in Themengebiete notwendig, die dem Spezialisten als unnötige Längen vorkommen werden, dem anderen Spezialisten aber erst den Zugang zum Gesamtthema ermöglichen. Solche Längen bitten wir den Leser, uns nachzusehen.

Grundlage dieser Arbeit war ein von den Autoren im August 1998 im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF, Referat 422) fertiggestelltes Gutachten zu Prioritäten in der Biodiversitätsinformatik unter Berücksichtigung vorhandener internationaler und nationaler Strukturen.

### Biodiversität

Die gesamte Vielfalt organismischen Lebens ("Biodiversität") stellt die für die Sicherung der menschlichen Existenz bei weitem wichtigste und zugleich die am kompliziertesten strukturierte, natürliche Ressource unseres Planeten dar. Verfügbarkeit und allgemeiner Zugang zu grundlegenden Informationen über die globale Biodiversität sind daher von entscheidender Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Menschheit und werden zunehmend von politischer Seite gefordert, so z.B. im Rahmen der Biodiversitätskonvention, durch das OECD Megascience Forum und verschiedene Initiativen der G7-Staaten.

Vereinfachend lassen sich fast alle biologischen Daten und Kenntnisse zur Biodiversität drei auch intuitiv greifbaren Ebenen zuordnen, die sowohl von ihrer wissenschaftlichen Erforschung her als auch hinsichtlich ihrer gegenwärtigen informationstechnischen Betreuung gut zu trennen sind:

Molekulare Ebene

Hier werden Nukleinsäuren und andere zelluläre Verbindungen und die dazwischen wirkenden Steuerungsmechanismen untersucht. Auf diesem Gebiet liegen die Hauptaufgaben der Fachgebiete der molekularen Genetik, Gentechnologie, Biochemie und Physiologie. Große Datenmengen sind vor allem im Bereich der Genom- und Proteinsequenzierung und Modellierung entstanden.

Organismische Ebene

Der ganze Organismus, seine Interaktion mit anderen gleichartigen Organismen (Populationen) und die Klassifikation der Organismen in ein von Verwandschaftsverhältnissen bestimmtes System steht im Fokus der Forschung in diesem Bereich (die aber durchaus zunehmend auch mit molekularbiologischen Methoden betrieben wird). Die Gebiete der Systematik und Taxonomie definieren sich über diese Aufgaben, aber auch die Populationsgenetik (einschl. *ecological genetics)* ist hier anzusiedeln. Die Züchtungsforschung, der Artenschutz, sowie wichtige Teilgebiete

der Land- und Forstwirtschaft und des Fischereiwesens stellen angewandte Fachgebiete auf dieser Ebene dar.

Ökosystemare Ebene

Hier geht es um das Zusammenwirken verschiedenartiger Organismen und Populationen mit ihrer Umwelt (Klima, Hydrologie, Boden, andere Organismen) und ihre Organisation in Form von differenzierbaren Systemen. Als Wissenschaftszweige sind vor allem die Ökologie und eine sich herausbildende, über den Bereich der Biologie hinausreichende Umweltforschung zu nennen. Im angewandten Bereich sind große Teile der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft sowie die meisten Aufgaben des Natur- bzw. Umweltschutzes hier angesiedelt.

## Ebenen der Biodiversitätsinformation

Letztendlich ist eine Überwindung dieser Trennung im Rahmen eines umfassenden Systems der Biodiversitätsinformation anzustreben, welches die Biodiversität selbst in ihrem hierarchischen Aufbau (Moleküle, Zellen, Gewebe, Individuen, Populationen, Arten, Gesellschaften, Ökosysteme) abbildet und modelliert. Wir stehen aber erst am Anfang der Biodiversitätsforschung und das Feld der Biodiversitätsinformatik ist noch jünger. Die Trennung in die drei Bereiche bleibt daher bis auf weiteres sinnvoll. So ist z.B. eine unmittelbare Herleitung aller Eigenschaften und Leistungen bestimmter Organismen allein auf Grundlage der Kenntnis ihrer konstitutiven Moleküle derzeit nicht absehbar; ebenso lassen sich komplexe organismische Funktionen nach wie vor meist nicht direkt einzelnen Molekülen zuordnen (obwohl wir zunehmend Gene kennen, welche bestimmte Eigenschaften kodieren, z.B. Wuchsform, Farbe oder Substratabbau). Die Vorhersagbarkeit wichtiger Ökosystemeigenschaften ist dagegen teilweise bereits heute auf der Grundlage der Kenntnis physiologischer Leistungen einzelner Organismen zumindest grob möglich. Die Tragfähigkeit bzw. Vorhersagekraft der hier vorhandenen Modelle leidet jedoch oft an der unzureichenden Informationsbasis auf der Ebene der Organismen, also dem Fehlen von auf das Taxon bezogener Information zu eben diesen Leistungen. Die Beseitigung dieses Informationsdefizits, also die unmittelbare Verknüpfung der vorliegenden Informationen zur organismischen und synökologischen Ebene ist daher drängend, wobei vor allem die Ökosystemforschung auf (neue) Daten aus dem organismischen Bereich angewiesen ist.

Die Informatik ist “die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern” (Duden Informatik 1993). Die Verarbeitung von Biodiversitätsinformation sollte daher als Biodiversitätsinformatik (engl. *biodiversity informatics)* bezeichnet werden (siehe 2.1). Der Begriff Bioinformatik *(bioinformatics)* ist als Terminus von der molekularen Biodiversitätsinformatik belegt. Die ökosystemare Ebene findet sich in der Umweltinformatik *(environmental informatics)*, ebenfalls ein bereits geprägter Begriff. Für die organismische Ebene wird teilweise der neuere Begriff Biodiversitätsinformatik direkt verwendet, man sollte hier aber

besser von organismischer Biodiversitätsinformatik sprechen. Entwicklungsstand und Datenverfügbarkeit in diesen drei Bereichen stellen sich wie folgt dar.

Bioinformatik (molekulare Biodiversitätsinformation)

Für den molekularen Bereich existieren in Deutschland bereits umfangreiche, international meist gut eingebundene Datenbankprojekte. Der Informationszugang bzw. -austausch ist hier vergleichsweise gut organisiert, bis hin zur Einbindung privatwirtschaftlicher Sektoren. In diesem Zusammenhang sei das *European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) genannt[1], mit zentralem Sitz in Heidelberg und Außenstellen in Hamburg, in Grenoble (Frankreich) und schließlich mit dem *European Bioinformatics Institute* (EBI) in Hinxton (England). Nach einer Einschätzung der *OECD Megascience Forum Working Group on Biological Informatics* sind im molekularen Bereich bereits heute mehr als 95% der Daten digitalisiert, im organismischen Bereich hingegen weniger als 5%[2]. Die 50jährige Geschichte der Molekularbiologie verlief parallel mit der Entwicklung der Informatik. Die enge Verzahnung beider Wissenschaftsbereiche wird z.B. an den im mehrjährigen Rhythmus aktualisierten und immer weitreichenderen Zielen des *Human Genome Project* deutlich (Collins et Galas 1993, Collins et al. 1998). Die informations- und labortechnische Entwicklung, aber vor allem auch die gut funktionierende internationale Zusammenarbeit führte zu einer exponentiellen Informationszunahme im molekularen Bereich. So war z.B. letztlich in GenBank, einer der großen internationalen Sammelstellen von Daten aus dem molekularen Bereich, der Datenzuwachs in 10 Wochen größer als in den ersten 10 Jahren des Projekts (Robbins 1998). 1998 wurde die Marke von 2 Milliarden Basenpaaren überschritten, im August 1999 waren es bereits über 3,4 Milliarden in 4,6 Millionen Sequenzen (NCBI 1999a, b).

Umweltinformatik (Biodiversitätsinformation auf der Ökosystemebene)

Große Datenmengen werden hier in Form von Umweltinformationssystemen zusammengetragen. Für die Ökosystemebene existieren auf nationaler Ebene bedeutende Datenbank- und Informationssysteme (s. Abschnitt 4.2) und erfolgversprechende Ansätze zu einer Koordinierung zeichnen sich zumindest auf europäischer Ebene erkennbar ab.

---

[1] Das EMBL wird von 15 Mitgliedsländern finanziert, der Jahresetat 1997 lag bei ca. 75 Mio. DM; der mittlere deutsche Finanzierungsanteil (1975-1996) betrug ca. 25% (http://www.embl-heidelberg.de/ExternalInfo/ public_relations/Facts.html).

[2] Meredith Lane (Vortrag): Informatics in the service of biodiversity: Overcoming the barriers. - Conference on Biological Informatics, 6-8 July 1998, Australian Academy of Sciences, Canberra/Australia.

Dagegen ist der Datenzugang und die Integration von Informationen auf der organismischen Ebene mit wenigen Ausnahmen als defizitär zu kennzeichnen, obwohl (oder gerade weil) in diesem Bereich schon seit ca. 250 Jahren biodiversitätsbezogene Daten erhoben und gespeichert werden, so z.B. in den weltweit auf etwa 3 Milliarden Exemplare (Lane 1998) geschätzten Beständen naturkundlicher Forschungssammlungen. Daher erscheint eine Konzentration neuer Förderungsmaßnahmen auf diesen Bereich dringend geboten, was im Einklang mit kürzlich erhobenen Forderungen auf internationaler Ebene steht. (z.B. COP-4, SA2000, OECD Megascience Forum, Diversitas; siehe Abschnitt 3.1).

## 1.2. Bedeutung der Artinformation

Innerhalb dieses Bereichs dominiert vordergründig das Problem der enormen Vielfalt existierender Lebensformen, die, von einzelnen Individuen ausgehend, eine sichere Zuordnung bzw. Verknüpfung von Information und Erkenntnissen massiv zu erschweren scheint. Die als Folge der biologischen Evolution in der Abstammungsgeschichte (Phylogenese) entstandene, natürliche hierarchische Ordnung aller Organismen bietet jedoch einen hervorragenden Schlüssel, diese ansonsten unüberschaubare Vielfalt der Lebensformen zu ordnen und damit auch nutzbar zu machen (vergl. Steininger 1996). Die Charakterisierung und Benennung dieser natürlichen Einheiten der Organismen (Taxa: Varietäten, Unterarten, Arten, Gattungen, Familien, etc.) ist Aufgabe der Taxonomie, die mit Hilfe international verbindlicher Regeln für die biologische Nomenklatur (siehe unter Abschnitt 3.3) den verschiedenen Taxa eindeutige Namen zuordnet und diese in ein hierarchisches Klassifikationssystem stellt. Dieses universelle Referenzsystem in der organismischen Biologie bietet ideale Voraussetzungen für die Verknüpfung getrennt vorliegender, qualitativ unterschiedlicher Informationen und Daten zu einzelnen Organismen, wie auch zur Überprüfung der Gültigkeit bzw. des Wertebereichs bestimmter Erkenntnisse und Hypothesen. In dieser Funktion hat sich das bestehende System der Organismen einerseits seit langem bewährt, andererseits besteht ein erheblicher Forschungsbedarf zur weiteren Verfeinerung und Vervollständigung des Systems *(Taxonomic Impediment*, vergl. *Darwin Declaration, Environment Australia* 1998). Aber auch für die vorhandenen Erkenntnisse sind bisher die Speicherungs-, Organisations-, und Analysemöglichkeiten, die sich aus der Entwicklung der modernen Informationstechnik ergeben, nur ansatzweise ausgeschöpft worden. Eine Entwicklung der Biodiversitätsinformatik auf der organismischen Ebene, unter Beteiligung taxonomischer, informatischer und geographischer Kompetenz, ist daher eine vordringliche Aufgabe.

### 1.3. Bedeutung der Information in biologischen Sammlungen

Biologische Sammlungen umfassen sowohl Lebendsammlungen wie Botanische oder Zoologische Gärten und Kultursammlungen (Bakterien, Pilze, Protisten, Algen), als auch die konservierten Präparatesammlungen in Naturkundemuseen, Universitäten und anderen ökologischen Forschungsstellen. Sie bilden einerseits die materielle Arbeitsgrundlage der biologischen Systematik, andererseits sichern sie (zumeist als konservierte Belege) die wissenschaftliche Überprüfbarkeit von Forschungsergebnissen verschiedenster Teilbereiche der Biologie bzw. ermöglichen die Reproduzierbarkeit einzelner Befunde. Besonders die Lebendsammlungen stellen daneben ein beträchtliches Reservoir genetischer Ressourcen dar, das z.B. für medizinische oder biotechnologisch ausgerichtete Forschungen eingesetzt wird. Aber die biodiversitätsinformatische Bedeutung der Sammlungen geht weit über diese Verwendungen hinaus. Die Belege selbst und die mit ihnen assoziierten Daten (Etiketten, Veröffentlichungen) sind zugleich Träger wesentlicher primärer Information über Aufbau und Beschaffenheit, geographische Verbreitung und Lebensweise einzelner Organismen sowie der Zusammensetzung der Ökosysteme, denen sie angehören bzw. angehörten; und dies in einer sich über mehrere Jahrhunderte erstreckenden zeitlichen Dimension. So bilden diese Sammlungsbelege, sowohl als Informationsträger als auch materiell, einen wesentlichen nationalen Beitrag zur Bewältigung der im Rahmen des Globalen Wandels anstehenden Probleme der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der natürlichen Biodiversität im internationalen Rahmen.

Dieser generellen Bedeutung der primären Belege unseres Biodiversitäts-Wissens wird in neuerer Zeit zunehmend Rechnung getragen. Im Rahmen der von der Biodiversitätsinformatik-Arbeitsgruppe des OECD-Megascience Forum vorgeschlagenen *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) nimmt Sammlungsinformation eine zentrale Position ein (Anonym 1999). Hier sollten auch die *Darwin Declaration (Environment Australia* 1998) und die Beschlüsse der Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention (COP 1998) Erwähnung finden. In den USA wird seit Jahren mit einem speziellen Förderprogramm der *National Science Foundation* die Erschließung derartiger, in Institutionen der USA vorhandener Belege gezielt vorangetrieben (vgl. NSF 1998). Analog hierzu wird heute immer nachdrücklicher auch eine biodiversitätsinformatische Erschließung der in Deutschland besonders umfangreich vorhandenen Belege (vgl. Biologische Sammlungen unter 3.3) gefordert, so z.B. von der Direktorenkonferenz Naturkundlicher Forschungssammlungen, DNFS (Naumann et Greuter 1997).

## 2. BIODIVERSITÄTSINFORMATIK

### 2.1. Definitionen

Biodiversität ist die gesamte Vielfalt und Variabilität organismischen Lebens im terrestrischen, marinen und limnischen Bereich. Sie beinhaltet die Mannigfaltigkeit

unter und zwischen Genen, Individuen, Populationen, Arten, Gesellschaften und Ökosystemen. Biodiversitätsinformatik ist die Anwendung einer informatischen Analysemethode oder einer Informationstechnologie auf Daten über biologische Diversität und deren Verknüpfungen mit anderen Daten, z.B. mit abiotischen und geographischen Daten. Im Zentrum dieses noch jungen Wissenschaftsgebiets werden technologische und organisatorische Hilfsmittel entwickelt, um digital erfaßte Biodiversitätsdaten mit Informationstechnologie zu verwalten (speichern, indizieren, abfragen, analysieren, integrieren, visualisieren, publizieren usw.) und um sie potentiellen Nutzern aus allen Bereichen der Wissenschaft und der Gesellschaft elektronisch zugänglich zu machen.

## 2.2. Bedeutung

Das Verständnis der Biodiversität hängt in hohem Maße von der Verfügbarkeit relevanter Informationen ab. Während früher ein Wissenschaftler sich noch durch Lesen der Literatur einen Überblick über ein Fachgebiet verschaffen konnte, ist das heute aufgrund der rasanten Zunahme biologischer Informationen ohne entsprechende Informationstechnologie nicht mehr möglich. Darüber hinaus werden elektronische Informationssysteme und Strukturen wie das Internet künftig Fragestellungen zulassen, die heute noch visionär erscheinen. Es wird erwartet, dass die Biologische Informatik als ein sich dynamisch entwickelndes, eigenständiges Fach die Grundlage der Biologie des 21. Jahrhunderts bilden wird (Robbins 1998). Sie wird vermutlich zu einem Paradigmenwandel in der Biologie führen (vergl. Gilbert 1991 für den molekularen Teilbereich).

Trotz aktuell stark gesteigerter datentechnischer Möglichkeiten stellt jedoch die generell hohe Komplexität biologischer Systeme eine effektive Verknüpfung und Integration selbst der bereits vorliegenden, allerdings oft heterogenen und dezentral organisierten Datenbestände vor besondere Probleme. Mit teilweisen Ausnahmen im molekularen Bereich wird die Sachlage weiter kompliziert durch große bestehende Lücken im Informationsbestand, fehlende Standards bei der Informationserfassung, unzureichende Bezugsdaten und fehlende klare Strukturierung der vorhandenen wie zukünftig zu erwartenden Informationen zur globalen Biodiversität. Hier sollten weitere Untersuchungen auf dem Gebiet der Datenstrukturforschung durchgeführt werden, die sich bemüht, die elementaren Komponenten der Biodiversitätsinformation offen zu legen (vergl. Berendsohn 1998).

Wie bereits erwähnt, ist die biodiversitätsinformatische Erschließung im Bereich der molekularen Biologie weit fortgeschritten. Dass der Begriff Bioinformatik, wie er z.B. im Namen der EMBL-Außenstelle in Hinxton/UK, dem *European Bioinformatics Institute*, Verwendung findet, meist ausschließlich auf den molekularen Bereich bezogen wird, verdeutlicht grundlegende Defizite in den darüber liegenden Ebenen, und hier besonders im organismischen Bereich. Ein Grund für das unterschiedliche Niveau der Biodiversitätsinformatik in den drei Ebenen molekular, organismisch und ökosystemar mag darin begründet sein, dass die erste und die letzte Ebene stark angewandte Aspekte besitzen. So ist die molekulare Ebene für medizinische und biotechnologische Industrien von Interesse, während auf der

Ökosystemebene die Biodiversitätsinformatik zu einer Komponente der Umweltinformatik wird. Hingegen wurde es in der Vergangenheit weitgehend versäumt, die anwendungsbezogenen Aspekte der organismischen Ebene gebührend argumentativ zu vertreten.

In der Schaffung effektiver Strukturen für die Erfassung der Biodiversität und in der Entwicklung von Verfahren für ihre Analyse liegt die Herausforderung für die Biodiversitätsinformatik.

## 3. EXISTIERENDE INTERNATIONALE STRUKTUREN

### 3.1. Internationaler politischer Rahmen

#### Die Biodiversitätskonvention

Der globale politische Rahmen für die Biodiversitätsinformatik wird heute weitgehend vom Übereinkommen über die biologische Vielfalt (kurz "Biodiversitätskonvention", UN 1992) bestimmt. Die *Global Environmental Facility* (GEF) als der Finanzierungsmechanismus der Biodiversitätskonvention wird vom Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP) zusammen mit dem Umweltprogramm (UNEP) und der Weltbank verwaltet. Zugang zu den Mitteln haben Entwicklungsländer, Länder Mittel- und Osteuropas und GUS-Staaten. Deutschland trägt etwa 12% des Gesamtvolumens des Fonds (2 Mrd. US$ für 1995-97). Im Förderbereich Biodiversität wurden zwar bis 1997 bereits rund 450 Mio. US$ bereitgestellt (BMU 1998), eine direkte Finanzierung von dem Gebiet der Biodiversitätsinformatik zuzurechnenden Projekten fand dabei aber nicht statt. Viele der genehmigten Projekte haben aber eine Datenverwaltungskomponente.

Der Einfluß der Biodiversitätskonvention ist eher in der Verpflichtung zur Verwaltung und Bereitstellung von Biodiversitätsdaten zu sehen, wie sie sich aus mehreren Artikeln der Konvention und darauf beruhenden Beschlüssen der Vertragsstaatenkonferenz *(Conference of the Parties*, COP) ergibt. Hierbei lassen sich zwei Komponenten unterscheiden: Einerseits kommt den Nationalen Beiträgen zum *Clearing House Mechanism* eine große Bedeutung zu, die die "wesentlichen Informationen mit entsprechenden Quellenangaben zum Stand der Umsetzung der Artikel der Konvention, ihrer Themen sowie den nationalen Rahmenbedingungen" im jeweiligen Staat dokumentieren sollen (siehe z.B. ZADI 1999). Es handelt sich hier also zumeist nicht um einen direkten Zugriff auf Biodiversitätsdaten, mit Ausnahme der Information über als "genetische Ressourcen" im Sinne der Konvention zu klassifizierende Lebendsammlungen (Kultursammlungen von Mikroorganismen, Botanische und Zoologische Gärten, Saatgut- und Sortensammlungen, Haustierrassen, etc.). Die zweite Komponente ist allgemeiner in der Bereitstellung von Informationen zur Biodiversität zu sehen, wobei der in der Konvention geforderte Technologietransfer (Nutzung von Biodiversitätsinformation oder von Komponenten der Biodiversität) zwar oft im Vordergrund steht, es aber auch und vor allem um die in den entwickelten Ländern vorhandenen Informationen und Ressourcen zur Inventarisierung und Charakterisierung der Biodiversität in anderen Weltteilen geht. Dabei handelt es sich vor allem um Informationen auf der Ebene der Organismen (siehe 1.1), also die von der systematischen Forschung erarbeiteten

Ergebnisse und die in den Forschungssammlungen vorhandenen Belegexemplare, daneben aber auch um Forschungsergebnisse im Natur- und Artenschutz, in der Biogeographie und in der Ökologie (v. a. Tropenökologie).

Im abschließenden Bericht der 4. Konferenz der Vertragsstaaten wird erneut die Bedeutung der elektronischen Erfassung von Biodiversitätsinformation auf der Ebene der Organismen ausdrücklich hervorgehoben (COP 1998):

*... 6. Parties and authorities should utilize information systems to maximum effect in taxonomic institutions. In developing priority-setting criteria for information products, taxonomic institutions should consider the needs of the wide range of users of that information, including biological diversity managers. In particular, taxonomic information, literature and checklists should be put into electronic form.*

*... 9. Government members of the Organization for Economic Cooperation and Development should endorse and support the recommendations from the OECD Megascience Forum's Biodiversity Informatics Subgroup, regarding the development of a Global Biodiversity Information Facility (GBIF) to allow people in all countries to share biological diversity information and to provide access to critical authority files.*

**Weitere wichtige Abkommen und Konventionen**

Neben der Biodiversitätskonvention sind internationale Übereinkommen zum Natur- und Artenschutz und Übereinkommen zur Erhaltung der genetischen Ressourcen zu nennen, für deren Umsetzung globale Netzwerke und Datenbanken ebenfalls immer mehr als essentielles Instrumentarium begriffen und eingesetzt werden. Auf Deutschland bezogen sind hier vor allem zu nennen:

Zum Natur- und Artenschutz: Konvention von Ramsar über die Erhaltung der Feuchtgebiete (UNESCO 1994), Konvention von Helsinki für das Ostseegebiet (HELCOM 1992), Konvention von Barcelona zum Schutz des Mittelmeers (UNEP 1976), EU Vogelschutzrichtlinie (EU 1979), Berner Konvention über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume *(Council of Europe* 1979), Konvention über die Erhaltung der wandernden wildlebenden Tierarten (UNEP 1979), Alpenkonvention (Anonym 1991), die EU Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (EU 1992) und das Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen (Washingtoner Artenschutzabkommen, CITES 1973/1979).

Zur Erhaltung genetischer Ressourcen: EG Verordnung vom 20. Juni 1994 über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft (EU 1994).

## 3.2. Umsetzung auf internationaler Ebene

Für die Ökosystemebene der Biodiversität existieren bereits zahlreiche internationale bzw. globale Initiativen und Programme, die eine Datenverarbeitungskomponente aufweisen. Diese beziehen sich im wesentlichen auf allgemeine

Umwelt- und Naturschutzaspekte und werden im folgenden nur beispielhaft behandelt. Ebenso sind internationale IT-Strukturen im molekularbiologischen Gebiet bereits weit entwickelt (vergl. 1.1). Dieser Bereich wird daher hier nur gestreift, während der organismischen Ebene besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

**OECD *Megascience Forum* GBIF**

Das *Megascience Forum* der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Kooperation (OECD) beschloß 1996, eine Expertengruppe[3] zur biologischen Informatik einzurichten, deren Ergebnisse bis 1999 in einem Report niedergelegt wurden (Anonym 1999) und von den OECD Forschungs- und Technologieministern bei ihrem Treffen in Paris am 22.-23. Juni befürwortet wurden (OECD 1999). Eine *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) soll geschaffen werden, die, in enger Kooperation mit bestehenden Initiativen, sowohl die Sammlung, Bereitstellung und Vernetzung von Biodiversitätsdaten koordiniert als auch Aktivitäten hinsichtlich der Entwicklung von speziellen Techniken und der akademischen Entwicklung des neuen Fachgebiets Biodiversitätsinformatik anregen und international aufeinander abstimmen soll. In Koordination mit der GBIF sollen dabei auf nationaler Ebene folgende Aktivitäten im Bereich der Biodiversitätsinformatik verfolgt werden (lt. Anhang des Ministerbeschlusses):

- Interoperabilität von Biodiversitätsdatenbanken, einschließlich der Bereitstellung von Daten, Informationen und anderer Ressourcen innerhalb abgestimmter Rahmenbedingungen (Urheberrecht!)
- Entwicklung von neuen Benutzeroberflächen
- Standardisierung von Zugangs- und Verknüpfungsmechanismen, einschließlich der Indizierung, Validierung, Dokumentation und Qualitätskontrolle
- Ermöglichung des Zugangs zu existierenden und neuen Datenbanken
- Entwicklung von Partnerschaften mit existierenden Organisationen und Projekten
- Verbesserung informationstechnischer Infrastrukturen (Breitbandnetzwerke etc.)
- Arbeitsteilung bei der Speicherung von Massendaten
- Ausbildungsmaßnahmen im Bereich Biodiversitätsinformatik (Wissenschaftler, Datenmanager und Techniker)

Seitens der Arbeitsgruppe wurden die Schaffung des taxonomischen Rahmens (vor allem elektronische Register der Organismen aller Gruppen, Species 2000 Initiative) und die Digitalisierung der in biologischen Sammlungen vorhandenen Information als Prioritäten für die Datenerfassung in der Anfangsphase der GBIF

---

[3] Von den Autoren dieses Gutachtens hat Häuser als deutscher Delegierter an der letzen Sitzung der Arbeitsgruppe teilgenommen, Berendsohn nahm als Delegierter der Europäischen Kommission an allen Sitzungen teil.

definiert. Es ist in politischer Hinsicht bemerkenswert, dass von allen 1996 eingerichteten Arbeitsgruppen des *Megascience Forums* nur Biodiversitätsinformatik und Radioastronomie es bis zu einem Ministerbeschluss gebracht haben.

**G7 *Environment and Natural Resources Management Project* (ENRM)**

Die G7-Staaten haben auf dem Gipfeltreffen von Halifax 1995 eine Reihe von Projekten zur globalen Informationsgesellschaft beschlossen, u.a. auch das *Environment and Natural Resources Management Project* (ENRM). Eine Expertengruppe wurde eingerichtet, die in den Jahren 1995 bis 1998 besonders Fragen internationaler Metadatenstandards erörterte. Ein konkretes Resultat ist der *Global Environmental Information Locator Service* (GELOS), eine "virtuelle Bibliothek" auf dem World Wide Web, von der aus man eine Vielzahl von Umweltinformation bereitstellenden Datenbanken und Dokumenten erreicht. Der Prototyp des GELOS ist z.Zt. nicht mehr zugänglich, dient aber als Modell für mehrere in Entwicklung befindliche Systeme, die miteinander synchronisiert werden sollen (G8 1999).

**Initiativen der Vereinten Nationen**

Verschiedene Organisationen der Vereinten Nationen unterstützen Programme, die direkt oder indirekt mit Biodiversitätsinformatik verbunden sind, allerdings fast ausschließlich auf der Ökosystemebene bzw. im Bereich des Schutzes von Arten und genetischen Ressourcen. Beispielhaft zu nennen sind hier:

*United Nations Food and Agriculture Organization* (FAO)

Im Bereich der genetischen Ressourcen sind das *Domestic Animal Diversity Information System*, DAD-IS (FAO 1999a) und das *World Information and Early Warning System*, WIEWS (FAO 1999b), im Internet verfügbar. Im Bereich der globalen geographischen Informationssysteme (Bodenbedeckung, einschl. Vegetation) ist die FAO z.B. in Afrika mit dem *AfriCover* Programm (FAO 1998) aktiv, in dessen Rahmen z.B. eine Software zur Erstellung von Standardklassifikationen für Bodenbedeckung entwickelt wurde.

*United Nations Environment Programme* (UNEP)

Das UNEP koordiniert Aktivitäten im Bereich Umweltmonitoring und Global Change, teilweise in enger Kooperation mit den anderen UN Agenturen. Im Internet verfügbar sind z.B. das *Global Terrestrial Observing System* GTOS (UNEP 1999a) und die *Global Resource Database* GRID (UNEP 1999b).

*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO)

Die UNESCO ist vor allem im Zusammenhang mit dem Programm "Der Mensch und die Biosphäre" (UNESCO 1999) zu nennen, in dessen Rahmen u.a. eine Datenbank der Biosphärenreservate verfügbar ist und eine umfangreiche Vernetzung regionaler und nationaler Initiativen stattfindet. Die dem Bundesamt für Naturschutz angegliederte Geschäftsstelle des Deutschen Nationalkomitees für *Man and Biosphere* (MAB) betreut den deutschen Beitrag zum Programm.

**Diversitas**

Das internationale Programm für die Biodiversitätswissenschaften Diversitas ist eine 1991 ins Leben gerufene, aus dem wissenschaftlichen Bereich stammende globale Initiative, die heute allgemein als Dachorganisation für die weltweite Forschung in diesem Gebiet anerkannt wird. Diversitas formuliert umfassend den Forschungsbedarf für alle Ebenen und auch hinsichtlich des theoretischen Verständnisses von Biodiversität. Mehrere Programmpunkte nehmen Bezug auf die Biodiversitätsinformatik, so wird z.B. betont, dass "die elektronische Erfassung systematischen Wissens von hoher Priorität ist, da sie als Basis für die Organisation und Koordination aller anderen Biodiversitätsinformation dient" (übersetzt aus Diversitas 1996: *Core Program Element 3, Inventorying and Classification of Biodiversity).* Der auf den systematischen Bereich bezogene Teil des Programms beruht im wesentlichen auf der *Systematics Agenda 2000*, eines anfangs der 90er Jahre von mehreren hundert Biologen erarbeiteten Grundsatzprogramms für die Erschließung der Biosphäre. Eine der drei hier formulierten Hauptaufgaben ist die "Aufbereitung der ... [Forschungs-] Ergebnisse in leicht zugänglicher und abrufbarer Form .." (Steininger 1996). Wie die OECD *Megascience Forum* Arbeitsgruppe hat auch Diversitas (1999) das globale elektronische Organismenregister *(Species 2000 Initiative*, Bisby 1997) als kritische Komponente der Informationsinfrastruktur identifiziert:

*Core Program Element 3, Research Components. ... SP2000: There is a critical need within the global scientific community for a register of all the world's 1.75 million known species. Species 2000, established as an IUBS/CODATA/IUMS Scientific Programme, is comprised of an international federation of taxonomic databases, working together to complete this task. The aim of Species 2000 is to provide a world-wide service in the form of an index to all known animals, plants, fungi and micro-organisms for use as a baseline reference system for communications about biodiversity. Data from an array of databases will provide both a stabilised Annual Checklist, and a Dynamic Checklist accessed electronically.*

**EU Programme**

Als Vertragspartei entwickelt auch die Europäische Union eine Strategie zur Umsetzung der Biodiversitätskonvention. Gemäß dem Subsidiaritätsprinzip handelt es sich aber im Ergebnis hauptsächlich um Maßnahmen zur Koordinierung und Ergänzung von Programmen der einzelnen Mitgliedsstaaten. Unabhängig von der Konvention spielt die EU jedoch bei der Einrichtung von Organisationen und Institutionen im Bereich der Umwelt- und Biodiversitätsinformatik eine sehr wichtige Rolle, allerdings handelte es sich dabei in der Vergangenheit vor allem um die molekulare und die Ökosystemebene. Im ersten Bereich ist z.B. die Einrichtung des *European Bioinformatics Institute* und die Finanzierung anderer Aktivitäten im Rahmen des EMBL *(European Molecular Biology Laboratory)* zu nennen. Auf der Ökosystemebene ist vor allem die Organisation des sich aus der Habitatdirektive (EU 1992) ergebenden *Natura 2000* Programms und die Ein-

richtung und Finanzierung des CORINE *(CoORdination of INformation on the Environment)* Programms sowie der Europäischen Umweltagentur (EUA, s. folgender Abschnitt) zu nennen. Das inzwischen ausgelaufene, 1985 initiierte Programm CORINE der Europäischen Gemeinschaften hatte zum Ziel, Erfordernisse und angemessene Verfahren für die Zusammenstellung, Koordinierung und Abstimmung von Informationen über den Zustand der Umwelt in Europa und der natürlichen Ressourcen aufzuzeigen. Methoden und Sachverständigennetze, Datenbanken und Informationssysteme wurden eingerichtet, spezielle Methoden für Landnutzung, Biotope und Emissionen in die Atmosphäre wurden zur Anwendungsreife gebracht und Datenbanken auf EU-Ebene eingerichtet. Der entstandene Datenbestand bildet einerseits ein wesentliches Element des *European Environmental Information and Observation Network* (EIONET) der Europäischen Umweltagentur, andererseits steht er für nationale geographische Informationssysteme zur Verfügung.

Hingegen ergab eine Durchsicht (August 1998) von über 1000 auf dem CORDIS *(Community Research and Development Information Service,* EU 1999) Server der Europäischen Kommission gespeicherten Projektprofile des 4. Rahmenprogramms, dass in der direkten Forschungsförderung der Europäischen Kommission Biodiversitätsinformatik auch im weitesten Sinne nur am Rande vertreten ist. Projekte zur organismischen Ebene finden sich nur in Einzelfällen[4].

## Europäische Umweltagentur (EUA)

Die EUA wurde 1990 u.a. als Reaktion auf Informations- und Koordinationsdefizite nach der Katastrophe von Tschernobyl ins Leben gerufen, um Umweltinformationen in geordneter, geprüfter und strategisch wirksamer Form zur Verfügung zu stellen. Man konzentrierte sich hierbei vor allem auf die Bedürfnisse des Umweltrisikomanagements, aber auch auf Informationen hinsichtlich der europäischen Bioregionen und Ökosysteme. Die Finanzierung der EUA erfolgt durch die EU, für die weiteren Vertragsstaaten durch die EFTA *(European Free Trade Association).* Neuerdings sind auch Finanzierungen von Kooperationen mit ande-

---

[4] *Environment and Climate Programme:* Unter mehr als 400 Projekten nur *The European Pollen Database: A tool for paleoenvironment and palaeoclimate reconstructions at a continental scale* und *European Diatom Database: an information system for palaeo-environmental reconstruction*, daneben wenige Ökosystem-Modellierungsprojekte. MAST III Programm *(Marine Science and Technology):* Unter 139 Projekten nur *A register of marine species in Europe to facilitate marine biodiversity research and management*. Biotechnologie-Programm: Dort nur *Resource development for a biological collection information service in Europe*, neben einigen molekularbiologischen Bioinformatikprojekten. LIFE *Nature Programm*: Unter 400 Projekten nur *2nd phase of the inventory taking and computer mapping of habitat types and species according to directive 92/43/EEC in Spain*. DG VI (Landwirtschaft), im Bereich Genetische Ressourcen: *A programme to conserve, characterise, evaluate and collect Allium crops and wild species*, die Fortsetzung eines Projekts, welches die *European Allium Database* (EADB) enwickelt hatte. In den Programmen TERRA (15 Projekte) und ICZM (*Integrated Management in Coastal Zones*, 35 Projekte) ist die Biodiversitätsinformatik nicht berücksichtigt.

ren Staaten durch andere Mechanismen (z.B. im Rahmen des Phare Programms des Generaldirektoriats I (DG I) der Europäischen Kommission) vorgesehen.

In Bezug auf Biodiversitätsinformatik relevant sind die Ziele der EUA, den "Zustand des Bodens, der Tier- und Pflanzenarten und der Biotope" zu dokumentieren (EUA 1994), und die Bekämpfung des Rückgangs der Artenvielfalt (EUA 1998) als eines der wichtigsten Umweltprobleme in Europa. Die EUA arbeitet mit zahlreichen nationalen und internationalen Organisationen zusammen, u.a. existiert eine formale Kooperation mit dem UNEP.

Als Instrument der Informationserhebung, Bereitstellung und Verbreitung wurde durch eine Eingangsfinanzierung im Programm *Interchange of Data between Administrations* der DG XIII *(Directorate General* der EU) das Datenmanagementnetz EIONET *(European Environment Information and Observation Network)* geschaffen, welches heute etwa 600 Knoteninstitutionen umfaßt, davon etwa 200 mit aktiver Beteiligung (Saarenma 1998). Der Fokus liegt dabei auf den neun *European Topic Centres* und den Beiträgen der 18 *National Focal Points*. Der deutsche *National Focal Point* ist das Umweltbundesamt in Berlin; als *National Reference Centre for Nature Conservation* dient das Bundesamt für Naturschutz in Bonn. Unter den *European Topic Centres* der EUA mit biodiversitätsinformatischer Relevanz sind drei besonders zu nennen:

1. Das *European Topic Centre for Nature Conservation* (ETC/NC) mit Sitz in Paris. Es wird von 15 Mitgliedern aus 12 Staaten gebildet, das deutsche Mitglied des Konsortiums ist das Bundesamt für Naturschutz. Das ETC/NC verfolgt vor allem die Entwicklung der Naturschutzkomponente des EIONET und unterstützt die EU bei der Entwicklung von *Natura 2000* und ergänzenden Initiativen. Es versucht z.Zt., eine Standardisierung im Bereich der geographischen Information (einheitliches Koordinatensystem für Organismenkartierungen), der roten Listen gefährdeter Arten und der Habitatklassifizierung durchzusetzen. Letzteres basiert auf der CORINE Habitat Klassifizierung (siehe oben); aber nach eigenen Angaben wird auch z.B. mit dem *European Vegetation Survey* zusammengearbeitet, der zur Zeit an einem *European Overview of Alliances* arbeitet. Die Naturschutzinformation soll im *European Information System on Nature* (EUNIS) bereitgestellt werden (ETC/NC 1999). Ein Report aus dem Jahre 1996 (EEA-ETC/NC, 1997) liefert eine Übersicht von 200 Datenbanken mit Informationen zu europäischen Ökosystemen und Arten, die sich fast alle auf nationale Ressourcen beziehen. Mit 40% der Quellen nehmen zwar die Artdatenbanken einen großen Teil ein, es handelt sich aber fast ausschließlich um Beobachtungsdaten aus Kartierungsprojekten; auf Sammlungsbelege wird nur ausnahmsweise Bezug genommen.

2. Das *European Topic Centre on the Catalogue of Data Sources* (ETC/CDS) mit Sitz in Hannover und Partnern aus Italien, den Niederlanden, Österreich, Spanien und Schweden. Das ETC/CDS steht unter Federführung des Niedersächsischen Umweltministeriums; weitere deutsche Mitglieder sind das Umweltbundesamt (UBA) Berlin, das Forschungszentrum Informatik an der Uni-

versität Karlsruhe und die Lippke & Wagner GmbH, Berlin. In Zusammenarbeit mit dem bereits erwähnten *G7 Environment and Natural Resources Management Programme* wird ein Metainformationssystem für europäische Umweltinformation entwickelt, einschließlich der Software für die Datenerhebung und Datenverbreitung, der Einrichtung eines multilingualen Thesaurus (GEMET) und der Definition von Qualitätskriterien für den Einschluß von Datenquellen (ETC/CDS 1999).

3. Das *European Topic Centre on Landcover* (ETC/LC) hat seinen Sitz am *Environmental Satellite Data Centre* (MDC) in Kiruna, Schweden. Es ist ein Konsortium aus 16 Organisationen aus 15 Staaten; der deutsche Partner ist das Statistische Bundesamt in Wiesbaden. Das ETC/LC führt die Arbeit des *CORINE-Landcover* Projekts fort und soll dem Benutzer Daten zur europäischen Bodenbedeckung in aktueller Form zur Verfügung stellen (ETC/LC 1999).

## Regierungsunabhängige Organisationen

Eine sehr große Anzahl von internationalen Nicht-Regierungsorganisationen ist im Bereich des Naturschutzes tätig, und viele dieser Organisationen stellen Daten oder Computerprogramme zur Verfügung. Hier sind besonders die am *Biodiversity Conservation Information System* (BCIS 1999) beteiligten Organisationen zu nennen, unter anderem *BirdLife International, Botanic Gardens Conservation International, Conservation International, International Species Information System* (Zoos), *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN), *The Nature Conservancy, Wetlands International, World Conservation Monitoring Centre,* und *World Wide Fund for Nature* (WWF). Im europäischen Bereich existieren ebenfalls eine große Zahl derartiger Organisationen, das *European Centre for Nature Conservation* hat dazu einen Katalog (ECNC 1999) veröffentlicht.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich sagen, dass im Bereich der mit Ökosystemen befaßten Biodiversitätsinformatik durch die Verzahnung mit der politisch unmittelbar wichtigen Umweltinformatik und der Existenz internationaler Konventionen bereits umfangreiche produktive Strukturen existieren, während auf der organismischen Ebene im wesentlichen Rahmenbedingungen abgesteckt und Prioritäten gesetzt wurden. Hier ist das konkrete Angebot, mit der Ausnahme von Informationen zu geschützten und als genetische Ressource wichtigen Arten, noch sehr begrenzt. Es existieren gegenwärtig zwar eine Reihe von Initiativen und Absichtserklärungen, aber keine gezielten internationalen Förderungsmechanismen, um diesem Defizit abzuhelfen.

### 3.3. Globale und europäische Initiativen auf der organismischen Ebene

Nachdem die Informationsverarbeitung auf der Ebene der Organismen als defizitär herausgestellt wurde, soll hier detaillierter auf einzelne internationale Initiativen eingegangen werden.

#### Organismenregister

Als gegenwärtig wichtigste internationale Initiative im Bereich der Bereitstellung des globalen Organismenkatalogs ist *Species 2000* (Sp2000 1999 und Bisby 1997) zu nennen. Das Programm wurde von der IUBS *(International Union of Biological Sciences)*, in Kooperation mit CODATA *(Committee on Data for Science and Technology)* und der IUMS *(International Union of Microbiological Societies)* im September 1994 ins Leben gerufen. Nachträglich wurde es vom UNEP *Biodiversity Work Programme* anerkannt, und es ist heute auch mit dem *Clearing House Mechanism* der Biodiversitätskonvention verknüpft. *Species 2000* wird von einem multinationalen Team mit Mitgliedern aus Australien, Brasilien, Großbritannien, Japan, den Niederlanden, den Philippinen und den USA geführt. Organisatorisch handelt es sich dabei um eine Föderation von Datenbanken, die jeweils eine bestimmte Gruppe von Organismen abdecken und die über einen gemeinsamen Abfragemechanismus dynamisch erreichbar sind. Eine aus den Beiträgen kompilierte jährliche Checkliste soll als ein stabiler Artenindex dienen. Ein funktionierendes, auf dem World-Wide-Web verfügbares Testsystem *(Species Locator*, siehe unter Sp2000 1999) demonstriert die technische Machbarkeit dieses Konzepts. Der *Species Locator* greift gegenwärtig auf folgende Gruppen zu: Bakterien (alle Arten; Partner: *Japan Collection of Microorganisms* am Institute of Physical and Chemical Research [RIKEN] und die Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen [DSMZ]), Pflanzen (bisher eine große Familie; Partner: ILDIS *World Database of Legumes)* und Vertebraten (bisher nur Fische; Partner: *Fishbase*, eine vom *International Centre for Living Aquatic Resources Management* [ICLARM] in Zusammenarbeit mit mehreren anderen Partnern entwickelte Datenbank). Die einzelnen Gruppen stellen, bis auf die Leguminosen, selbst wieder Föderationen von Datenbanken dar.

Insgesamt wurden laut Programmsekretariat bisher weltweit über 150 Datenbanken für den Einschluß in *Species 2000* identifiziert. Bis auf den Beitrag der Deutschen Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (DSMZ 1999a) und der in Berlin installierten *Global Plant Checklist* (GPC, Berendsohn 1999b) der Internationalen Organisation für Pflanzeninformation (IOPI) sind dabei aus Deutschland bisher nur 6 kleinere entomologische Datensammlungen und die EMBL *Living Reptile Datenbank* (s.u.) vorgesehen (F. Bisby, pers. comm. 1998). Der deutsche Beitrag im Bereich der Mikroorganismen erscheint durch den internationalen Einfluß der DSMZ gesichert. Im ökonomisch wie ökologisch so bedeutenden Bereich der Information zu Gefäßpflanzenarten entsteht zur Zeit hingegen eine internationale Arbeitsteilung, die zur de-facto Belegung bestimmter Gruppen durch bestimmte Institutionen führt. Ein gewisser deutscher Einfluß ist durch die in Berlin geleistete Entwicklungsarbeit an der IOPI-GPC gegeben; es ist aber drin-

gend ein Beitrag zu fordern, der die Koordination der Information zu einer oder mehreren bedeutenden Blütenpflanzenfamilien an Institute in Deutschland bindet. Hier könnte eventuell auf das im Rahmen der Erstellung der Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen (ZfK 1993) geschaffene Expertennetzwerk zurückgegriffen werden. Im zoologischen Bereich liegen andere Bedingungen vor; während bei den Wirbeltieren auf Grund der relativ geringen Artenzahlen und verhältnismäßig geringfügigen taxonomischen Schwierigkeiten ein fast vollständiges Inventar existiert (Wilson & Reeder 1993), sind bei den Invertebraten die bekannten Arten relativ schlecht katalogisiert, und in den meisten Gruppen ist (wie bei den Mikroorganismen) der überwiegende Teil der Arten noch nicht einmal bekannt.

Ein vielversprechendes internationales Projekt mit deutscher Beteiligung zur Schaffung eines Globalen Artenregisters der Tagfalter (ca. 16 000 Arten) wurde im Oktober 1998 im Rahmen eines Workshops in Washington initiiert. Die gegenwärtige Partnerschaft besteht aus den Museen in London (NHM), Leiden (RMNL), Canberra (ANIC), Lima (MHNSM), Washington (Smithsonian) und Stuttgart.

Neben den globalen Vorhaben sind mehrere artbezogene biodiversitätsinformatische Projekte auf europäischer Ebene zu nennen. Dabei bestehen oft Synergiebeziehungen mit den globalen Projekten, z.B. sind sowohl die Flora Europaea Datenbank (Pankhurst 1999) als auch die *Med-Checklist* (Greuter et al. 1984, 1986, 1989) bereits in die IOPI-GPC und damit in *Species 2000* integriert, und selbstverständlich kann jedes globale Projekt einen Beitrag im europäischen Rahmen leisten. Beispielhaft sollen hier zwei Initiativen genannt werden:

– Das *Euro+Med PlantBase* Projekt (Jury 1998) strebt eine Konsensustaxonomie bei den europäischen und mediterranen höheren Pflanzen an, ähnlich der im Rahmen der Flora Europaea in den 60er und 70er Jahren erreichten Übereinkunft (die aber selbst Anstoß für intensive Forschungstätigkeit war und daher aufgearbeitet werden muß). Als Grundlage dienen die existierenden Datenbanken der Flora Europaea (verwaltet am Royal Botanic Garden, Edinburgh) und der *Med-Checklist* (Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem), die bereits als Basisdatensätze in die IOPI *Global Plant Checklist* integriert wurden. Ein von der EU im 5. Forschungsrahmenprogramm gefördertes Projekt soll in den Jahren 2000 bis 2002 die Grundlage für das Projekt legen. Das Datenbankmodell von IOPI wird auch weiterhin als Grundlage der Datenbankausgabe dienen, die Software PANDORA (Pankhurst et Pullan 1999) als Eingabeinstrument benutzt werden.
– Das *European Register of Marine Species* (ERMS 1998) ist eine von der EU (DG XII) geförderte konzertierte Aktion, die bis März 2000 eine Checkliste der Meeresorganismen Europas, verbunden mit bibliographischen Verweisen auf Bestimmungsliteratur und einer Expertenliste erstellen und im WWW verfügbar machen soll. In einem vom Forschungsinstitut Senckenberg koordinierten Nachfolgeprojekt sollen die Daten in ein relationales System überführt und Informationen zu Verbreitung, Typusbelegen und Originalbeschreibungen mit dem Register verknüpft werden (Türkay, pers. comm. 1999).

- Fauna Europaea ist eine weitere von der EU im 5. Rahmenprogramm geförderte Initiative, die das zoologische Gegenstück zur Flora Europaea darstellen soll (Los, pers. comm.).

Einen Übergang zwischen artbezogenen und belegbezogenen Informationen stellen die Datenbanken mit chorologischer Information (Daten zur Verbreitungskartierung) dar. Die Projekte weisen einen sehr unterschiedlichen Grad an Vollständigkeit und Organisation auf. Im europäischen Rahmen sind hier beispielhaft zu nennen:

- Vögel: Die *European Union for bird ringing* (EURING 1999). In der EURING-Zentrale in den Niederlanden werden alle europäischen Beringungsdaten (von insgesamt 33 Beringungszentralen) zusammengeführt und zentral verwaltet. Alle Beringungszentralen verwenden einen einheitlichen Code für die Artnamen und erheben die Daten nach identischen Kriterien (Zeitraum zwischen Beringung und Wiederfund mindestens 1 Jahr, Wiederfundlokalität mindestens 100 km vom Beringungsort entfernt). EURING beinhaltet 1,2 Millionen Datensätze; bei der weiteren elektronischen Erfassung werden aus osteuropäischen Staaten grob geschätzt noch zusätzliche 30% an Daten eingebracht werden (Fiedler, pers. comm. 1998). Außerdem wurde vom *European Bird Census Council* EBCC ein *Atlas of European Breeding Birds* veröffentlicht, in dem die Präsenzdaten zu 495 Arten in über 4400 50x50 km Quadranten dokumentiert werden (Hagemeijer & Blair 1997). Dazu liegt auch eine Atlas Datenbank bei der Organisation SOVON, Niederlande, und eine *Bird Database* bei Birdlife International, England, vor (Rheinwald, pers. comm.).
- Säuger: Als Resultat des EMMA Projekts *(European Mammal Mapping Atlas)* der *Societas Europaea Mammalogica* wurde der *Atlas of European Mammals* (Mitchell-Jones et al. 1999) publiziert, der basierend auf mehr als 93 000 Registrierungen 194 Arten in 50x50 km UTM Quadranten dokumentiert.
- Amphibien: Auch die Societas Europaea Herpetologica veröffentlichte als Ergebnis internationaler Kooperation in Rahmen ihres *Mapping Committees* ein Atlantenwerk mit Verbreitungsdaten, den *Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe* (Gasc et al. 1997).
- Wirbellose: Als deutscher Beitrag im *European Invertebrate Survey* sei hier die seit Anfang der 70 Jahre erfolgende Molluskenkartierung Deutschlands unter J. H. Jungbluth (pers. comm.) genannt; Datenhaltung am Universitäts-Rechenzentrum Heidelberg.
- Pflanzen: Ein gedruckter Atlas Flora Europaea (Jalas et al. 1972-1999) wurde in bisher 12 Bänden veröffentlicht und umfaßt die Resultate einer bis zu 150 Jahre alten Registrierungsstradition. Seit 1992 arbeitet man an der Einrichtung einer *Atlas Flora Europaea database*; die Karten der veröffentlichten Bände wurden inzwischen erfaßt (Lampinen 1999). Ein umfangreicher deutscher Beitrag wurde im Rahmen der Florenkartierung Deutschlands (Datenbank Gefäßpflanzen, s.u.) geleistet.

## Biologische Sammlungen

Unter dem Begriff biologische Sammlungen werden hier sowohl die naturkundlichen Forschungssammlungen in Museen und Universitäten als auch Lebendsammlungen, also Kultursammlungen von Mikroorganismen sowie botanische und zoologische Gärten, verstanden.

Im globalen Rahmen gibt es eine biodiversitätsinformatische Grundstruktur nur bei den zoologischen Gärten, die mit ihrem *International Species Information System* (ISIS) etwa die Hälfte aller anerkannten Zoos und Aquarien weltweit abdecken (annähernd 500 Institutionen aus 54 Ländern). ISIS stellt Software für die Verwaltung der Bestände und artenschutzorientiertes Sammlungsmanagement zur Verfügung und faßt die so gewonnene Information im Netzwerk zusammen. Von etwa 250 000 lebenden Exemplaren (6000 Arten) und etwa 750 000 ihrer Vorfahren sind Informationen vorhanden. Alle gespeicherten Wirbeltiere der beteiligten Zoos der Welt lassen sich im World Wide Web abfragen; geboten werden wissenschaftliche Namen (Gattung/Art), englische Trivialnamen und die Anzahl Männchen/Weibchen pro Zoo (ISIS 1999). Noch umfangreichere Daten stehen als *ISIS Specimen Reference CD-ROM* zur Verfügung (Information zu 1 200 000 Akzessionen von 7500 Arten in über 500 Zoologischen Gärten, einschließlich historischen und Stammbaumdaten).

Eine vergleichbare Zusammenarbeit gibt es bei anderen Sammlungsarten nicht, allerdings sind vielfach positive Ansätze zu vermerken. Die großen kommerziellen mikrobiologischen Sammlungen Europas haben im Rahmen des CABRI *(Common Access to Biotechnological Resources and Information*) Projekts ein gemeinsames Katalogsystem aufgebaut (CABRI 1999). Auch die großen naturkundlichen Museen Europas haben ein Konsortium gebildet, um die Erschließung der Sammlungsinformation gemeinsam zu verfolgen (CETAF, *Consortium of European large-scale TAxonomic Facilities).* Aus Deutschland sind hier vertreten: Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt, Naturhistorisches Museum der Humboldt-Universität Berlin und Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. BioCISE *(Resource Identification for a Collection Information Service in Europe),* ein derzeit (bis Ende 1999) unter deutscher Federführung durchgeführtes EU-Projekt, hat sich zum Ziel gesetzt, die existierenden biodiversitätsinformatischen Ressourcen in europäischen Sammlungen und Kartierungsprojekten zu identifizieren. Darauf aufbauend sollen Projektanträge formuliert werden, mit dem Ziel, eine gemeinsame WWW-Schnittstelle zu allen diesen Ressourcen bereitzustellen (BioCISE 1999).

## Nomenklatur

Eine der wichtigsten internationalen Grundstrukturen der biologischen Wissenschaften ist die Nomenklatur, also die Regeln, nach denen Organismen wissenschaftlich benannt werden. Diese sind in den sogenannten Nomenklaturcodes festgelegt, und zwar getrennt für die Tiere (Ride et al. 1999), Pflanzen (einschließ-

lich der Pilze, Greuter et al. 1993), Bakterien (Sneath 1992), Viren (Francki et al. 1990) und Kulturpflanzen (Trehane et al. 1995). Voraussetzungen für die Anwendbarkeit eines Namens sind z.B. die korrekte Form der Veröffentlichung, die Eindeutigkeit sowie die Hinterlegung sogenannter Typus-Exemplare im Rahmen der Neubeschreibung. Nomenklatorische Listen mit den Namen und Veröffentlichungsdaten sind von großer Bedeutung, um Fehlbenennungen oder Fehlanwendungen von Namen zu vermeiden. In der Zoologie veröffentlicht Biosis den seit 1865 geführten *Zoological Record*, der neuerdings (für Abonnenten) auch in elektronischer Form zur Verfügung steht (Biosis 1999). Von Interesse in diesem Zusammenhang ist übrigens, dass die Einnahmen nur etwa 20% der Kosten decken, finanziert wird *Zoological Record* im wesentlichen aus den Gewinnen, die Biosis aus dem Verkauf der *Biological Abstracts* erzielt (M. Dadd, pers. comm., 1998).

In der Botanik hat bei den Gefäßpflanzen traditionell der vom Botanischen Garten Kew bei London herausgegeben *Index Kewensis* diese Rolle gespielt, der inzwischen als Datenbank-CD verfügbar ist. Eine über das World Wide Web frei zugängliche nomenklatorische Datenbank für Pflanzen (PNP 1999) entsteht gegenwärtig im Rahmen des *International Plant Name Index* Projekts (IPNI), das die vorhandenen Daten aus dem *Index Kewensis*, dem *Gray Card Index* der *Harvard University* (nordamerikanische Pflanzennamen) und des *Australian Plant Name Index* zusammenfaßt und in einem Kontributionssystem fortlaufend aktualisiert werden soll (Croft et al. 1999). Das Projekt arbeitet mit dem IOPI *Global Plant Checklist Project* zusammen, das neben den in IPNI behandelten nomenklatorischen Daten auch die Umschreibung der mit den Namen belegten Pflanzengruppen behandelt (aufgrund der Nomenklaturregeln ist es durchaus möglich, dass in ihrer Umschreibung sehr unterschiedliche Gruppen mit demselben Namen belegt werden). Die IOPI Liste berücksichtigt außerdem auch falsch angewandte Namen, die in Standardwerken wie Roten Listen, landwirtschaftlichen Publikationen etc. verwendet werden.

Für die Pilze existiert der *Index of Fungi*, der von *CAB International* (CABI) in Großbritannien vermarktet wird.

In der Botanik gibt es auch Bestrebungen, die Registrierung von Pflanzennamen obligatorisch zu machen; dies wurde aber vom letzten Internationalen Botanischen Kongreß (1999 in St. Louis) nach einer sehr kontrovers geführten Debatte abgelehnt. Aus dem von der *International Association of Plant Taxonomists* in Berlin erstellten Datenbankprototyp werden nun komplementär zum IPNI Projekt die Indizierung der Algen und der fossilen Pflanzen ausgegliedert und als Indizierungsprojekte weitergeführt.

In Berlin wurde auch ein Projekt ins Leben gerufen, die gebräuchlichen Namen *(Names in current use)* zu dokumentieren und ihre gültige Publikation nach den Regeln des Code zu überprüfen (z.B. Greuter et al. 1993). Eine Sanktionierung solcher Listen durch den Botanischen Kongress, die bislang ebenfalls keine ausreichende Unterstützung gefunden hat, könnte Namensänderungen aufgrund entdeckter älterer Quellen überflüssig machen. Für die Bakterien ist eine solche Liste *(Approved List of Bacterial Names)* im *International Code of Nomenclature*

*of Bacteria* bereits festgelegt worden; diese wird von der DSMZ in Braunschweig als *Bacterial Nomenclature up-to-date* auf dem WWW zur Verfügung gestellt (DSMZ 1999b).

### 3.4. Standardisierung

Eine globale Informationsstruktur setzt eine gewisse Standardisierung voraus. Bestes Beispiel dafür ist das Internet und seine verschiedenen Protokolle (tcp/ip, ftp, http etc.), das auch ein Vorbild für die Möglichkeit der weitgehenden Selbstorganisation solcher Standards setzt.

Biodiversitätsinformatische Strukturen setzen auf diesen technischen Standards der Informationsübermittlung auf. Aber auch im Bereich der Datenformate und Daten selbst sind Standards und Normen Voraussetzung für ein reibungsloses Zusammenspiel verschiedener Informationsquellen. Hierbei muß man drei Bereiche unterscheiden: (1) Datenstrukturinformation, d.h. Felddefinitionen und Informationsmodelle, (2) Standarddatenkataloge und Thesauri und (3) Metadaten (Daten über Daten).

Pionierarbeit, besonders für botanische Datenbanken, wurde von der 1985 ins Leben gerufenen *Taxonomic Databases Working Group* (TDWG) geleistet. Dieser Arbeitsgruppe gehört ein großer Teil der wichtigen naturkundlichen Institutionen weltweit an und sie findet sich jährlich zu einem Arbeitstreffen zusammen. In mehreren Untergruppen wurden Datenaustauschstandards, z.B. in Form von Datenbank-Felderlisten für Herbarien, botanische Namen, allgemein taxonomische Daten und Akzessionen in Botanischen Gärten entwickelt und von der TDWG anerkannt. Diese Datenstrukturstandards finden heute weite Anwendung bei der Konzeption von biologischen Datenbanken. Auch mehrere Standarddatenkataloge wurden verabschiedet, so Standardabkürzungen für Zeitschriften, Autorenzitate wissenschaftlicher Namen, geobotanische Regionen und Präsenzdaten. Die TDWG hat inzwischen ihren Wirkungskreis auf den Bereich der gesamten Biologie ausgedehnt (TDWG 1999).

Neben zahlreichen veröffentlichten Modellen implementierter Systeme existieren relativ wenige theoretische Informationsmodelle. Die US-amerikanische *Association of Systematics Collections* veranstaltete 1992 einen Workshop, aus dem ein Kernmodell (das *ASC Model*, ASC 1993) hervorging, welches in seinen Grundzügen heute von vielen Datenbanksystemen in der Systematik eingesetzt wird. Als Resultat zweier von der DG-XII zwischen 1993 und 1999 finanzierten Projekte wurde ein allgemeines Informationsmodell für Biologische Sammlungen (Berendsohn et al. 1999) publiziert. Wie bereits erwähnt, existiert im Zusammenhang mit dem IOPI Projekt ein allgemeines Informationsmodell für botanische Taxa, welches unschwer in Richtung eines auch die Zoologie abdeckenden Modells erweitert werden kann (das *IOPI Model*, Berendsohn 1997).

Im Zuge der zunehmenden Datenverfügbarkeit und der Vernetzung verschiedener Datenbanken werden standardisierte Metadaten, also Daten zur Qualitäts-, Herkunfts- und Aktualitätsbezeichnung vorhandener Daten, immer wichtiger. Dies

ist ein weit über den Bereich der Biodiversitätsinformatik hinausgehendes Problem, und es können durchaus bestimmte allgemeine Standards wie z.B. der *Dublin Core* (Weibel et al. 1998) ganz oder teilweise übernommen werden.

Zu Standards, Modellen und Metadaten, die im Rahmen von Sammlungsinformationssystemen wichtig sind, existiert eine Referenzliste der TDWG *Subgroup on Accession Data* (in Zusammenarbeit mit dem BioCISE Projekt) auf dem WWW (Berendsohn 1999a).

## 4. STRUKTUREN IN DEUTSCHLAND

### 4.1. Umsetzung internationaler Übereinkommen

Die in Abschnitt 3.1 genannten Konventionen und EU-Richtlinien sind vor allem auf nationaler Ebene umzusetzen. Zur Erfüllung der damit verbundenen Informationspflichten werden im Bereich des Arten- und Biotopschutzes generell die Umweltinformationssysteme (s. Abschnitt 4.2) benutzt oder benutzt werden. Im Rahmen der Biodiversitätskonvention wurde vom Bundesministerium für Umwelt ein Projekt zur Einrichtung des Deutschen Clearinghouse Mechanismus (CHM) auf dem WWW finanziert, welches zur Zeit an der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) des BML eingerichtet ist. Hier wird, neben der Darstellung der Konvention und ihrer politischen Umsetzung, Zugang zu Information über genetische Ressourcen geschaffen (s. Abschnitt 4.3). Abgesehen davon gibt es auf der Ebene der Organismen erst seit 1999 einen Ansatz zu einem Förderprogramm, welches im Sinne der Biodiversitätskonvention die Erschließung der in Deutschland vorhandenen Information zur globalen Biodiversität über den Einsatz von Informationssystemen zum Ziel hat (Biolog-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung).

### 4.2. Umweltinformationssysteme

#### Organisation von Umweltinformationssystemen

Wie auf der europäischen Ebene im Rahmen der EUA, so sind auch in Deutschland die öffentlichen Einrichtungen auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene vor allem mit Umweltinformationssystemen befaßt. In diesem Bereich werden substanzielle Förder- und Unterhaltungsmittel aufgebracht. Die meisten (teilweise schon seit den 70er Jahren laufenden) Projekte befassen sich mit Umweltinformatik im weiten Sinne (Gewässerschutz, Umweltverträglichkeitsprüfung, Abfallverwertung, Toxine, radioaktive Belastung usw.). Biodiversitätsbezogene Daten spielen insgesamt meist eine eher untergeordnete Rolle, in der Regel handelt es sich um Daten auf der Ökosystemebene (Biotopaufnahmen) oder um Daten im Rahmen des Artenschutzes. So ergab z.B. eine Nachfrage im Umweltministerium des Landes Nordrhein-Westfalen im August 1998, dass das dortige Umweltinformationssystem (UIS) im Hinblick auf Biodiversität zwar Standorttypen, Biotopausdehnungen und Arten der roten Listen erfaßt, ansonsten aber keine biodiversitätsbezogenen Daten berücksichtigt. Nach Durchsicht der auf dem WWW publik

gemachten Unterlagen des Bund-Länder Arbeitskreises Umweltinformationssysteme ist davon auszugehen, dass dies auch auf die Systeme in den anderen Bundesländern zutrifft.

Innerhalb der zur Zeit laufenden Koordinierungsbestrebungen sind aber durchaus Ansätze vorhanden, im Rahmen der UIS eine verstärkte Einbeziehung von auf Deutschland beschränkter allgemeiner Information zur Biodiversität zu bewerkstelligen, sei es durch deren direkte Integration oder durch eine Einbeziehung als beigeordnetes Fachinformationssystem.

Die durch die föderalen Strukturen bedingte starke Zersplitterung der Zuständigkeiten hat zweifellos zu erheblichen Parallelentwicklungen geführt. So gibt es z.B. sowohl in den Bundesländern als auch auf Bundesebene zentrale Umweltinformationssysteme, die bei oft gleichen Ansprüchen zum Teil erhebliche konzeptionelle Unterschiede aufweisen (siehe Projekt "Dokumentation der Umweltinformationssysteme des Bundes und der Länder", früher "Fortlaufende Bestandsaufnahme von UIS-Konzepten in Bund und Ländern", im Auftrag des Bund-Länder-Arbeitskreises Umweltinformationssysteme [Page et al. 1996]). Zusätzlich werden vielfach kommunale Umweltinformationssysteme installiert, teilweise mit recht guter finanzieller und personeller Ausstattung. So ist zum Beispiel aus dem Kommunalen Umweltbeobachtungs- und Informationssystem (KUBIS) der Stadt Bonn heute (Oktober 1999) das Umweltinformationssystem UIS (auf WINCAD-SD-Basis) geworden. Mit dem Programm sollen alle umweltbezogenen Daten (mit geographischer Lage) zusammengeschlossen, verwaltet und, wenn möglich, visualisiert werden. Dabei werden auch Altstandorte mit möglicher Umweltbelastung berücksichtigt (Zeitachse). Die Primärdaten für die Biotopkartierung wurden teils durch Mitarbeiter der Universität Bonn, zum größten Teil aber von Mitarbeitern der Landesanstalt für Ökologie und Landschaftsplanung (LÖLF, heute LÖBF) erhoben. Der Stellenwert des UIS in der Stadtverwaltung ist offenbar relativ hoch; vier permanente Mitarbeiter betreuen das UIS (Datenbankpflege, Programmanpassung, Berichte etc.), während Abfragen und auch Dateneingaben durch die in der Stadtverwaltung verteilten Sachbearbeiter erfolgen. Zunehmend wird auch die Intranet/Internet-Technologie für die verwaltungsweite Verbreitung der Umweltinformationen genutzt.

Kommunale Umweltinformationssysteme sollen künftig verstärkt in lokale Agenda 21 Prozesse mit einbezogen werden. Das BMU/UBA ist hier unterstützend tätig und bietet diverse Informations- und Beratungsprodukte an: 1998 erschien ein Handbuch mit Praxisanleitungen zur Durchführung lokaler Agenda 21 Prozesse (BMU, UBA 1998) und 1999 ein europaweiter Vergleich (BMU, UBA 1999). Schließlich wird ein Literatur- und Adressen-Wegweiser (BMU 1997) fortgeschrieben, der in Kürze mit aktuellen und nützlichen Internet-Adressen neu herausgegeben werden soll.

Es gibt aber auch zahlreiche Bestrebungen, durch gemeinsame Planungen und Entwicklungen in diesem Bereich Synergieeffekte auszunutzen und Doppelentwicklungen zu vermeiden. In diesem Sinne ist z.B. der Bund-Länder-Arbeitskreis Umweltinformationssysteme zu nennen, ein von der Umweltministerkonferenz

Anfang der 80iger Jahre eingerichtetes Gremium der für Umwelt zuständigen Ministerien der Länder und des BMU (Leitung BMU, beratende Mitglieder aus UBA und BfN). Auf Bundesebene (BMU/UBA) liefert das als Auskunftssystem für die Belange des UBA und des BMU konzipierte UmweltPLanungs- und InformationsSystem des Umweltbundesamtes (UMPLIS) umfangreiche Hintergrunddaten auch für die Ländersysteme. Hierzu gehören auch die Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT), Umweltliteraturdatenbank (ULIDAT) und die Umweltrechtsdatenbanken (URDB) am UBA.

Die LANA (Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung) besteht aus den obersten Naturschutzbehörden aller Bundesländer und dem BfN als Vertretung des Bundes. Die LANA dient der Zusammenarbeit von Bund (BMU) und Ländern in Fragen des Naturschutzes und der Landschaftspflege (z.B. im Rahmen des Bundesnaturschutzgesetzes, der Entwicklung von Biodiversitätsstrategien, etc.). Das BfN als deutsche Kontaktstelle Naturschutz zum europäischen Themenzentrum Naturschutz in Paris (ETC/NC, siehe unter Abschnitt 3.2, EUA) soll in und mit der LANA den Informationsfluß zwischen Bundesländern und der europäischen Ebene sichern.

Mit dem LANIS-Bund (Landschafts- und Naturschutzinformationssystem) des BfN soll ein internes Fachinformationssystem entstehen, das den Zugriff auf relevante Informationen aus den Fachgebieten und Arbeitsbereichen des BfN realisiert (geographische Daten, Naturschutzgebiete, Biotoptypen, in Zukunft auch Zugriff auf einzelne Datenbanken wie z.B. der Datenbank Gefäßpflanzen und diverser Standard- und Referenzlisten, also Rote Listen, Master-Listen bestimmter Gruppen etc.). Ein externer Zugriff auf Datenbestände des BfN soll über drei Schienen realisiert werden: (i) statische Webseiten unter der *Homepage* des BfN, (ii) Beiträge zum *German Environmental Information Network* (GEIN), u.a. durch Zugriff auf Datenbanken und thematische Karteninhalte mit einem Web-fähigen GIS-Tool, und (iii) Beiträge des BfN zum Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen (BIG), so z.B. Zugriffe auf relevante Datenbankinhalte und thematische Karten für das Thema einheimische Gefäßpflanzen (R. May, pers. comm.).

Im Sinne der Biodiversitätsinformatik bedeutsam sind im Rahmen der genannten Aktivitäten vor allem die Daten zum Natur- und Artenschutz sowie die Floren- und Faunenkartierung (s.u.). Die federführende Rolle spielt hier zumeist das BMU und vor allem das BfN, aber viele der Zuständigkeiten, insbesondere im Vollzug, liegen bei den Ländern. So liegen z.B. im ALBIS (Arten-, Landschafts- Biotop- Informationssystem) bei der Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe die Daten aus ca. 35 000 Biotopkartierungen in Baden-Württemberg vor. In der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung des Landes Nordrhein-Westfalen werden im Rahmen der Biotopkartierung artbezogene Daten erhoben; eine Datenbank ist im Aufbau. Das im Aufbau begriffene sog. FOGIS (Forstliches Geographisches Informationssystem) der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (auch in Thüringen und Niedersachsen) soll ebenfalls Biotopdaten enthalten.

Eine interessante Mischung aus UIS-Komponenten und umweltinformatischer Forschung stellt das am Fraunhofer Institut für Informations- und Datenverarbeitung in Karlsruhe realisierte Elbe-Ökologie-Informationssystem ELISE (IITB 1998) dar. Im Rahmen des Forschungsverbunds Elbe-Ökologie, einer Fördermaßnahme des BMBF, wird ELISE an der Bundesanstalt für Gewässerkunde aufgebaut, um den Informations- und Datenaustausch der beteiligten Projekte zu unterstützen. Auch das LOTSE *(Land Ocean Thematic Search Engine)* Projekt am GKSS Forschungszentrum Geesthacht fällt in diese Kategorie (GKSS 1999). Über LOTSE können die Daten verschiedener Einzelprojekte zum Bereich küstennaher Gewässer eingesehen werden; z.B. Sensitivitäts- und Schadstoffkartierung des gesamten deutschen Wattenmeeres oder Ökosystemforschung Wattenmeer in Schleswig-Holstein bzw. in Niedersachsen - jeweils unterteilt in strukturelle und funktionale Ökosystemforschung.

Eine besonders vielversprechende Koordinierungsmaßnahme stellt der Umweltdatenkatalog UDK dar. Der UDK wurde 1991-1995 im Niedersächsischen Umweltministerium im Rahmen eines vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsvorhabens entwickelt. Seit Januar 1996 ist eine von 13 Bundesländern unterzeichnete Bund-Länder-Verwaltungsvereinbarung in Kraft, die die Weiterentwicklung, Pflege und Einführung des UDK zum Ziel hat. Auf der Grundlage dieser Vereinbarung wurde im Niedersächsischen Umweltministerium die Koordinierungsstelle UDK eingerichtet. Seit 1993 besteht eine enge Kooperation mit Österreich, wo seit 1.1.1995 der Einsatz eines Umweltdatenkataloges gesetzlich vorgeschrieben ist.

Das 1994 begonnene Projekt WWW-UDK stellt die Daten des UDK im World Wide Web zur Verfügung (Technik: Nikolai et al. 1999, Geschichte: Swoboda et al. 1999). Wie das vom ETC/CDS (s. Abschnitt 3.2) entwickelte System (mit dem zusammengearbeitet wird) handelt es sich um ein objektorientiertes Metainformationssystem, welches Information über die Struktur und Beschaffenheit (Gültigkeit, Fehlertoleranz etc.) von Datenbeständen bereitstellt. Gleichzeitig soll es eine benutzergerechte Navigation innerhalb dieser Informationen und ggf. auch einen direkten Zugriff auf gefundene Datenbestände ermöglichen.

**Floren- und Faunenkartierung und Listen, Beringung[5]**

Die wohl umfangreichsten Einzeldatensammlungen zur Biodiversitätsinformatik in Deutschland liegen im Bereich der nationalen Floren- und Faunenkartierung und Beringung vor, und zwar sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene. Diese Datenbestände illustrieren bereits den Nutzen einer breiten Informationsbasis auf organismischer Ebene, sowohl für Naturschutzbelange als auch besonders für die wissenschaftliche Auswertung. Hier ist zu nennen:

---

[5] Das primäre Ziel von Beringungsdatenbanken ist zwar nicht die Faunenkartierung, die auf Zeitpunkt und Fundort bezogenen Daten können aber wie Kartierungsdatensätze benutzt werden.

Gefäßpflanzen: Am BfN wird, gefördert durch Mittel aus dem Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, die "Datenbank Pflanzen" aufgebaut. Neben Charakterisierungsdaten zur Biologie und Ökologie sowie zur Gefährdung (Rote Listen) von Gefäßpflanzenarten enthält diese Datenbank als Kernbestand (derzeit ca. 14 Millionen Datensätze) die Basisinformation zur Verbreitung und Bestandssituation der wildwachsenden Gefäßpflanzenarten in Deutschland (May 1994). Die Daten stammen aus regionalen Projekten (teilweise auf Länderebene, teilweise aus privaten Erhebungen), die von der Zentralstelle für die floristische Kartierung Deutschlands organisiert und betreut werden. So wird den regionalen Projekten das PC-Programm FlorEin kostenlos für den Aufbau und die Auswertung eigener Kartierungs-Datenbanken zur Verfügung gestellt (May & Subal 1992). Die Zentralstelle gliedert sich entsprechend der Geographie des Bundesgebietes und der Aufgabenverteilung in die vier Zentralstellenbereiche Nord (H. Haeupler, Bochum), Ost (E. Jäger, Halle), Süd (P. Schönfelder, Regensburg, projektfederführend) und Zentrale Datenbank (R. May, BfN). Leider ist diese Datenbank bislang nicht im Internet zugänglich, im Rahmen der Beiträge des BfN zum GEIN und zu BIG (s.o.) soll aber im Jahre 2000 auf die Verbreitungsinformationen und weitere Charakterisierungsdaten von Gefäßpflanzen in der Datenbank per Internet zugegriffen werden können (R. May, pers. comm.). Darüber hinaus existieren mehrere Florenkartierungsprojekte auf Länderebene, z.B. eine Datenbank sämtlicher bereits elektronisch erfasster Daten der floristischen Kartierung Baden-Württembergs im Rahmen des Arten-, Landschafts-, Biotop- Informationssystems (ALBIS) an der Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe (100 000 Datensätze Moose, 80 000 Flechten; 800 000 Phanerogamen). Die Daten sollen künftig über den Umweltdatenkatalog im Netz verfügbar gemacht werden. Als Resultat der Florenkartierung wurde auch eine Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (ZfK 1993) veröffentlicht.

Mollusken: Eine umfangreiche Datenbank zur Molluskenkartierung Deutschlands, die bereits als Basis mehrerer Publikationen diente (gedruckte Schnecken-Faunen oder –Atlanten u.a. für Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen). Leiter der Projektgruppe: H. Jungbluth; Datenverarbeitung am Universitätsrechenzentrum Heidelberg.

Fledermäuse: Eine zentrale Datenbank für Fledermausberingungen in Deutschland (BatRing) mit über 60 000 Datensätzen, gefördert vom BfN. Die Leitung hat R. Hutterer (ZFMK Bonn). Die finanziellen Mittel werden Ende 1999 verbraucht sein; voraussichtlich sind dann mehr als 60% von insgesamt 100 000 Datensätzen eingegeben. Es werden alle deutschen Fledermausarten berücksichtigt.

Vögel: Mehrere Vogelberingungsdatenbanken (Wiederfunde beringter Vögel), in den Vogelwarten Helgoland (114 000 Datensätze), Radolfzell (42 000) und Hiddensee (240 000). Die Datenstruktur ist einheitlich und richtet sich nach EURING (s. Abschnitt 3.3). Der Dachverband Deutscher Avifaunisten unterhält eine Datenbank der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel von Deutschland (Rheinwald 1993) und eine Datenbank mit den Daten des Bestandsmonitorings häufiger Brutvögel Deutschlands für den Zeitraum 1989-1999 (G. Rheinwald, pers. comm.).

Wandernde Tierarten: Ein Datenbankprojekt zur Erstellung eines *Global Register of Migratory Species* (GROMS) im Sinne der Konvention von Bonn (Riede 1999). Es handelt sich um ein Kooperationsvorhaben zwischen dem Zentrum für Entwicklungsforschung der Universität Bonn und dem Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK), Bonn. Dieses vom BMU finanzierte Projekt erscheint aufgrund der Anwendung eines Populationskonzepts und dem Datenbank-gekoppelten GIS Einsatz besonders interessant.

Die Kartierungsprojekte gehen zwangsläufig mit der Erstellung von Standardlisten der betroffenen Organismengruppe für die kartierte Region einher. Solche Listen werden aber auch ohne Verbindung zu Kartierungsprojekten erstellt, teilweise mit interessantem biodiversitätsinformatischen Hintergrund. So fördert das BMU z.B. ein Kollaborationsprojekt zwischen der Universität Göttingen und dem BfN zur Erstellung einer nomenklatorischen und taxonomische Referenzliste der Moose Deutschlands (Koperski et Sauer 1999). Als Werkzeug wurde das Datenbankprogramm TAXLINK - entwickelt, eine Datenbank zur Verwaltung unterschiedlicher taxonomischer Auffassungen, mit dem die Behandlung der verschiedenen existierenden taxonomischen Konzepte auf Art- und Gattungsebene im Sinne des IOPI Datenmodells (Berendsohn 1995, 1997) praktisch angewandt und evaluiert werden.

Die meisten sogenannten Roten Listen gefährdeter bzw. geschützter Pflanzenarten liegen als Datenbanken vor. Am BfN wurde die Datenbank WISIA (Wissenschaftliches Informationssystem im Internationalen Artenschutz) entwickelt, in der wissenschaftliche Angaben über die gesetzlich in nationalem und internationalem Rahmen *(Convention on International Trade on Endangered Species* [CITES], Bundesnaturschutzgesetz, Berner Konvention, Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie) geschützten Arten gespeichert sind. Die Datenbank soll vor allem den Vollzug der gesetzlichen Vorgaben erleichtern.

### 4.3. Informationssysteme zu genetischen Ressourcen in Deutschland

Die in Land- und Forstwirtschaft und in der Tierzucht zum Einsatz kommenden genetischen Ressourcen sind von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Die direkte Förderung von Biodiversitätsprojekten durch das Bundesministerium für Landwirtschaft (BML) konzentriert sich auf diesen Bereich, oft in Zusammenarbeit mit dem BMU bzw. der BfN. So fördert das BML z.B. OEKOGEN - ein von der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) in Großhandorf entwickeltes Simulationsprogramm zur Modellierung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf die Biodiversität (BMU 1998). Ein weiteres Projekt befaßt sich mit der Abschätzung der genetischen Vielfalt der europäischen Rotbuche *Fagus sylvatica*. Hier sollen vom Institut für Forstgenetik und Pflanzenzucht rund 35 000 Individuen aus über 100 Beständen untersucht werden. Daneben existieren zahlreiche Datenbanken zu wichtigen Kulturpflanzen bzw. Sorten.

Das vom Informationszentrum für Genetische Ressourcen (IGR) in der Zentralstelle für Agrardokumentation und –information (ZADI) des BML entwickelte

Informationssystem Genetische Ressourcen (GENRES) ist ein beispielhaftes WWW Informationssystem (IGR 1999). GENRES soll eine Verbindung zwischen den beim IGR zentral gespeicherten Meta-, Fakten- und Auswertungsdaten zu genetischen Ressourcen in Deutschland und den dezentralen Datenbeständen, die in den an GENRES mitwirkenden Einrichtungen vorhanden sind, herstellen. Im Zugang getrennt nach den vier Bereichen pflanzengenetische, tiergenetische, forstgenetische und mikrobielle Ressourcen bietet es zahlreiche Verweise auf Datenbanken, Projektinformationen, Institutionen und Dienstleistungen. Es liefert auch Informationen über deutsche, europäische und internationale Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung genetischer Ressourcen für die Ernährung, Land- und Forstwirtschaft. Hier finden sich auch Verweise auf Bund-Länder-Kooperationsgremien, wie die in den 80er Jahren gebildete Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft "Erhaltung forstlicher Genressourcen".

Ein wichtiges, vom IGR koordiniertes Kooperationsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, ein Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen (BIG) als Online-System im Internet zur Verfügung zu stellen. Das BMBF-finanzierte Projekt soll Datenbanken und Fachwissen aus vier wichtigen Organisationen zusammenfassen: (1) Teile der Datenbanken am Bundesamt für Naturschutz, so das Arteninventar, Verbreitung, Bestandssituation und Ökologie der einheimischen Wildpflanzen, Artenschutz; (2) das unter SysTax (s.u.) in Kooperation mit dem Verband Botanischer Gärten implementierte Informationssystem Botanischer Gärten mit den Pflanzenbeständen vieler deutscher Botanischer Gärten; (3) die Datenbank des Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben mit fast 100 000 Kulturpflanzen-Akzessionen der Genbank und einer projektierten Datenbank zu *Mansfeld's World Manual of Agricultural and Horticultural Crops*; (4) fruchtartenspezifische Datenbanken des IGR. Die zentrale Datenbank soll vom IGR vorgehalten werden.

Unabhängig von BIG existiert ein BMU/BfN gefördertes Forschungs- und Entwicklungsprojekt "Beitrag der Deutschen Botanischen Gärten zur Erhaltung Biologischer Vielfalt und Genetischer Ressourcen. - Bestandsaufnahme und Entwicklungskonzept" im Auftrag des Verbandes Botanischer Gärten und in Kooperation mit *Botanic Gardens Conservation International* (BGCI). Als Ziel gilt die Entwicklung eines Konzepts zur Erhöhung der Wirksamkeit der Botanischen Gärten im nationalen und internationalen Arten- und Naturschutz, auch durch Koordinierung von Datenverarbeitung (Barthlott et al. 1999).

### 4.4. Deutsche Informationssysteme zur globalen Biodiversität auf der organismischen Ebene

Es soll hier nicht weiter auf die Ökosystemebene eingegangen werden, da existierende Informationssysteme entweder bereits in Abschnitt 4.1 abgedeckt wurden, oder es sich um Komponenten von Forschungsprojekten handelt, für die Förderungsmechanismen existieren. Zu dieser Kategorie sind z.B. zu rechnen: Projektbezogene, institutsinterne Datenbanken des Zentrums für marine Tropenökologie,

Bremen, z.B. das BMBF finanzierte MADAM-Projekt *(MAngrove Dynamics And Management in Brazil)*; Teile der PANGAEA Datenbank des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven; die Datenbanken der im Programm *Man and Biosphere* anerkannten Projekte zur "Ökosystemforschung Bornhöveder Seenkette" im Ökosystemzentrum in Kiel (gefördert vom BMBF) und zum Ökosystemforschungsprogramm Wattenmeer (interdisziplinäres Verbundprojekt von BMU, BMBF und den Ländern Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein); auch das bereits erwähnte ELISE gehört hierher.

Auf der Ebene der Organismen werden im Folgenden zunächst Datenbanken dargestellt, die potentiell vollständige Beiträge zu globalen oder zumindest europäischen Organismenregistern darstellen, d.h. die eine Organismengruppe vollständig abdecken sollen. Dabei ist anzumerken, dass die (ungeordnete) Liste keineswegs als vollständig anzusehen ist; ein mit Aussicht auf Förderung verbundener öffentlicher Aufruf würde vermutlich eine ganze Reihe weiterer, teilweise von Wissenschaftlern individuell gehaltener, aber sehr wertvoller Datenbestände zu Tage fördern. Dies gilt im Prinzip auch für die weiter unten aufgelisteten Sammlungsinformationssysteme, deren Bedeutung erst kürzlich in einem Papier der Direktorenkonferenz Naturwissenschaftlicher Forschungssammlungen Deutschlands herausgestellt wurde (Naumann & Greuter 1997). Schließlich wird anhand von Beispielen ein Bereich angeschnitten, der im vorgehenden Text nur im Zusammenhang mit ökologischen und molekularen Fragestellungen implizit angesprochen wurde, auf der Ebene der Organismen aber weitgehend vernachlässigt wurde: Die Erschließung von an Organismenregister oder Belegdatenbanken gebundener Information.

## Taxonbezogene Datenbanken und Informationssysteme in Deutschland

### Wirbeltiere

Die *EMBL Reptile Database* (Uetz 1999) am *European Molecular Biology Laboratory* in Heidelberg ist eine von Freiwilligen im Rahmen der AG Systematik der Deutschen Gesellschaft für Herpetologie (DGHT) unterstützte, nicht-kommerzielle Datenbank aller lebenden Reptilienarten (Datenbank der Fossilien in gleicher Struktur vorhanden, aber zur Zeit nicht gepflegt). Es handelt sich um knapp 8000 Taxa mit zahlreichen Synonymen (diese allerdings noch nicht vollständig). Zur Realisierung des Systems wurde ein im molekularbiologischen Bereich erprobtes Datenbanksystem verwandt.

### Insekten

Am Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig in Bonn ist das Projekt Faunistik der Blatt- und Samenkäfer Mitteleuropas (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchidae) angesiedelt. Das Projekt geht auf eine Privatinitiative des Koordinators M.T. Schmitt zurück und wurde im Rahmen einer bereits abgelaufenen 2-jährigen AB-Maßnahme begonnen. Die systematischen Einträge be-

rücksichtigen nur die Arten Mitteleuropas; jede Art wurde einer sorgfältigen Validitätsprüfung unterzogen. Die Liste der Synonyme ist unvollständig.

An der Universität Bielefeld arbeitet M. von Tschirnhaus mit einem englischen Kollegen (Henshaw) an einem Weltkatalog für die Dipteren-Familien Agromyzidae und Chloropidae mit vollständiger Synonymisierung, der als Buch erscheinen soll. Es handelt sich um 2736 Arten (insgesamt mehr als 5000 Taxa), die auch als PC-Datenbank (dBASE) vorliegen. Ein Verzeichnis der Käfer Deutschlands (Köhler & Klausnitzer 1998) ist in der Serie Entomofauna Germanica erschienen. Der Katalog wird auch als dBASE-Datei angeboten und umfaßt fast 9000 Datensätze. Ein zweiter Band dieser Serie ist die Checkliste der Dipteren Deutschlands mit fast 9200 Arten aus 117 Familien (Schumann et al. 1999); der Vertrieb einer digitalisierten Form ist vom Herausgeber bislang nicht vorgesehen. Schließlich soll ein dritter Band, das Verzeichnis der Schmetterlinge Deutschlands (Gaedicke & Heinicke), noch 1999 als Beiheft 5 zu den Entomologischen Nachrichten und Berichten (Dresden) erscheinen.

Marine Organismen

Auch am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg liegen in Form von Arbeitslisten einzelner Bereiche Datenbestände aus der Zoologie vor. Hier ist z.B. eine Liste der europäischen Crustacea Decapoda zu nennen (eine solche für das Rote Meer ist im Aufbau), die langfristig zu einer globalen Liste ausgebaut werden soll (M. Türkay, pers. comm. 1999). Die Taxonomische ArbeitsGruppe (TAG) ist eine zentrale deutsche Einrichtung für die Forschung zur Taxonomie mariner Organismen, die vormals an der Biologischen Anstalt Helgoland angesiedelt war und jetzt im Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung (DZMB) aufgehen soll. Die TAG arbeitet zur Zeit an mehreren globalen Artenlisten; so ist eine EDV-gestützte globale Artenliste der Dinoflagellaten in Vorbereitung, in die die vorliegenden handgeschriebenen Karteien überführt werden, außerdem liegt eine von K. Riemann-Zürneck erstellte globale Artenliste der Tiefsee-Actinaria handschriftlich auf Karteikarten vor (M. Elbrächter, pers. comm.).

Pflanzen

Im Systax System, einem Datenbanksystem für Systematik und Taxonomie unter dem Datenbankverwaltungssystem Oracle, das in langjähriger Zusammenarbeit zwischen Botanikern und Informatikern an der Universität Ulm unter der Leitung von T. Stützel entwickelt wurde, werden neben den Namen aus dem im Abschnitt 4.3 erwähnten Informationssystem Botanischer Gärten auch die Daten mehrerer botanischer Checklistenprojekte (Annonaceae, Asclepiadaceae pro parte, Boraginaceae, Eryocaulaceae, Gesneriaceae und epiphylle Moose und Flechten) geführt (J.R. Hoppe, pers. comm. 1998).

Die seit 1994 am Botanischen Garten und Botanischen Museum Berlin-Dahlem (BGBM) aufgebaute *Global Plant Checklist Database (Vascular Plants)* der Internationalen Organisation für Pflanzeninformation (IOPI) umfaßt inzwischen

über 240 000 Datensätze, die von zahlreichen Mitgliedern der Organisation eingebracht wurden. IOPI ist als Kommission der International Union of Biological Sciences (IUBS) anerkannt. Der IOPI gehören 77 botanische Institutionen in 41 Ländern an, darunter fast alle bedeutenden Herbarien. Unterstützung des *Global Plant Checklist* Projekts erfolgte (in kleinem Rahmen) u.a. durch CODATA, IAPT *(International Association for Plant Taxonomy)* und das USDA *(United States Department of Agriculture).* Auf Grund des Fehlens internationaler Fördermittel konnte der 1993 im Projektplan festgeschriebene Aufbau eines globalen Systems bislang nicht erfolgen, obwohl eine fast alle Gruppen der Gefäßpflanzen abdeckende Liste von zur Mitarbeit bereiten Taxonomen vorliegt. Das Berliner System (unter dem Datenbankverwaltungsprogramm Microsoft SQL-Server) erlaubt aufgrund seines Datenmodells eine Parallelhaltung von verschiedenen taxonomischen Auffassungen zu einem Namen, so dass eine solche Aufarbeitung auch nachträglich erfolgen kann.

Für das Pilotprojekt der IAPT zur globalen Erfassung neu veröffentlichter Pflanzennamen wurde am BGBM ein Datenerfassungsprogramm in MS-Access 97 erstellt, das neben dem Namen selbst die Eingabe aller nomenklatorisch relevanten Informationen erlaubt. Eher im Sinne einer Stabilisierung der Nomenklatur gedacht, aber dennoch ein globales Register darstellend, ist hier auch die Liste der verwendbaren Pflanzengattungsnamen *(Names in current use of extant plant genera)* als Datenbank mit 28 041 Datensätzen verfügbar.

Die *Med-Checklist Database*, eine bislang zu 60% fertiggestellte Liste (Greuter et al. 1984, 1986, 1989) der in den an das Mittelmeer angrenzenden Ländern vorkommenden Pflanzen (20 500 Datensätze), wird ebenfalls vom BGBM verwaltet. Neben nomenklatorischen Details, Synonymen und zahlreichen Verweisen von falsch angewandten Namen wird der Vorkommensstatus in jeder betroffenen Region angegeben. Diese Datenbank soll zusammen mit der *Flora Europaea Database* den Grunddatenbestand für die projektierte *Euro+Med Plantbase* (Jury 1998) bilden.

### Sammlungsdatenbankprojekte in Deutschland

Im Einklang mit weltweiten Initiativen (vergl. Butler 1998) wie *Systematics Agenda 2000* und Diversitas (s. Abschnitt 3.1), der europäischen CETAF Initiative und vor dem Hintergrund der immer drängenderen finanziellen Restriktionen haben sich 1996 die Direktoren der größten Forschungssammlungen in Deutschland zu einer ständigen "Direktorenkonferenz naturwissenschaftlicher Forschungssammlungen Deutschlands" (DNFS) zusammengeschlossen. Als erstes Ergebnis wurde Ende 1997 ein Papier zu Funktion, Situation und Perspektiven der biologischen Sammlungen vorgelegt (Naumann & Greuter 1997), in dem auf das völlige Fehlen eines Förderungsinstruments hingewiesen wurde, welches den Sammlungen die Erfüllung der neu an sie herangetragenen Aufgaben ermöglichen könnte. Hierzu zählt vor allem die Erschließung der enormen, mit den Belegen verbundenen

Biodiversitätsinformation mittels der elektronischen Datenverarbeitung. Solche *Collection Management Grants* existieren seit mehreren Jahren z.B. in den USA, Australien, Kanada und Mexiko, aber auch in einigen europäischen Staaten (Dänemark, Niederlande, Schweiz, Großbritannien).

Wie bereits erwähnt, liegt bisher keine vollständige Übersicht zum Stand der Datenerfassung in den biologischen Sammlungen Deutschlands vor, aber auf Grund der bereits eingegangenen Resultate der BioCISE Projektumfrage, der Ergebnisse der EDV-Arbeitsgruppe der DNFS und eigener Erfahrungen der Autoren lassen sich mehrere Aussagen treffen:

Die Verantwortlichen in den Sammlungsinstitutionen sind sich der Dringlichkeit des Einstiegs in die Informationsgesellschaft vollauf bewußt und tun ihr Möglichstes, um die Bestände elektronisch zu erfassen.

Es findet nur in wenigen Teilbereichen eine echte Koordination statt, dadurch kommt es zu erheblichen Doppelarbeiten.

Die mit der Erstellung eines Sammlungsdatenerfassungsprogramms verbundenen Schwierigkeiten, von der Planung des Systems über die Erstellung einer Datenbank bis hin zur Datenerfassung selbst, wurden von den Leitungen oft weit unterschätzt. So werden informationstechnisch unzulänglich qualifizierte Mitarbeiter, oft Kustoden, mit dem Problem der Erstellung einer Datenbank konfrontiert, wodurch es zu einer erheblichen Beeinträchtigung der kustodialen Aufgaben kommt. Oder es wird versucht, die Datenbankerstellung einem mit der komplexen Sammlungsinformation nicht vertrauten Programmierer zu überlassen.

International bereits gemachte Erfahrungen sowie Standards werden selten berücksichtigt.

Die Lebendsammlungen weisen generell einen besseren elektronischen Erfassungsstand auf, wohl aufgrund der Tatsache, dass hier im Gegensatz zu vielen Präparatesammlungen schon traditionell Erfassungen der Belege in Karteien erfolgten. Neben den bereits erwähnten Zoologischen Gärten (Abschnitt 3.3) und Sammlungen genetischer Ressourcen (4.3.) weisen auch die mikrobiologischen Sammlungen generell einen sehr guten Erfassungsstand auf (z.B. die an der DSMZ oder am Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft gehaltenen). Die Botanischen Gärten Deutschlands weisen ebenfalls zentrale Organisationsansätze auf. So werden z.B. die Botanischen Gärten Ulm und Bochum gemeinsam über das Netzwerk im SysTax System in Ulm verwaltet. Weitere sechs übergeben regelmäßig Bestandslisten an SysTax zwecks gemeinsamer Abfrage über das System und weitere Gärten stellen ihre Samentauschlisten im System zur Verfügung. Mehrere Botanische Gärten verwalten ihre Bestände im “DIDEA-FR” Programm, einem Ende der 80er Jahre entwickelten PC-Programm, welches auf einem damals von BGCI (Botanic Garden Conservation International) erstellten und von der TDWG anerkannten einfachen Datenaustauschformat beruht.

Im Gegensatz zum ersten Eindruck gilt, dass auch in den deutschen naturkundlichen Präparatesammlungen überraschend viele Datenbanken existieren. Hier sollen nur einige exemplarisch genannt werden, wobei wiederum die strukturellen Details, von denen letztendlich die Qualität der gewonnenen Information und ihre Interoperabilität in Netzwerken abhängt, nicht bewertet werden.

Am Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (ZFMK), wurde mittels des seit 1990 in Kooperation mit dem Zoologischen Museum des Naturhistorischen Museums der Humboldt-Universität Berlin (ZMB), dem Museum für Tierkunde in Dresden (MTD) und dem Deutschen Entomologischen Institut in Eberswalde (DEI) entwickelten Programms BIODAT (Sammlungsinformations-Managementsystem) eine Erfassung von Sammlungsdaten vorgenommen. BIODAT ist ein unter DOS lauffähiges, auf Paradox (runtime) aufsetzendes Einzelplatzprogramm. Derzeitiger Stand der Sammlungserfassung am ZFMK: 6000 Wirbeltiere, 21 000 Vögel und 7500 Insekten (Zikaden), am MTD ca. 20 000 Datensätze Insekten, 10 000 Datensätze Mollusca, 15 000 Datensätze Wirbeltiere, und mehrere 1000 Fische; am DEI liegen u.a. für Coleoptera: Curculionidae etwa 50 000, für Hymenoptera 25 000 Datensätze vor. Die Erfassungen am MTD und am DEI wurden mit auf dem BIODAT-Stammprogramm aufbauender Erfassungssoftware vorgenommen.

Am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt/M. wurde schon Mitte der 80er Jahre mit der computergestützten Sammlungserfassung begonnen. Das Großrechnersystem wurde Mitte der 90er Jahre auf ein Client-Server System mit Sybase als Backend umgestellt. Das Frontend, SeSam (Senckenbergisches Sammlungsverwaltungsprogramm) wurde in MS-Access programmiert und greift auf Serverdaten zu. Bisher wurden die Daten zu 70 000 zoologischen Belegen erfaßt.

Am Phyletischen Museum der Friedrich-Schiller-Universität Jena liegen im Katalog der zoologisch-paläontologischen Sammlungen bereits über 100 000 Datensätze (von insgesamt ca. 450 000) vor. Bei der Datenbank handelt es sich um ein bereits 1986 entwickeltes dBASE III+ System unter MS-DOS, welches sich nach Aussage der Benutzer gut bewährt hat.

Am Staatlichen Museum für Naturkunde Görlitz existiert eine Sammlungsdatenbank unter dBASE IV (Einzelplatz), die 1994 entwickelt wurde und seither unverändert in Benutzung ist. Bisher wurden etwa 100 000 Datensätze (von 900 000) eingegeben.

Ein Beispiel für eine außerhalb der üblichen naturhistorischen Sammlungen stehende Institution mit projektbezogenem Fokus ist die Forschungsstelle für Ökosystemforschung und Ökotechnik (FSÖ) der Christian-Albrechts-Universität Kiel. In der "Faunistisch ökologischen Datenbank" der FSÖ, gehalten in einer relationalen Datenbank unter Ingres auf AIX sind z.Zt. bereits 650 000 Datensätze zu Invertebratenaufsammlungen registriert.

Als ein Beispiel aus einer kleineren Institution mag hier das Museum für Ur- und Frühgeschichte in Bottrop dienen; mittels des Programms "Museumsmanager"

(unter Superbase Professional und Windows) wurden hier seit 1988 18 000 der insgesamt 30 000 zoologischen und paläontologischen Sammlungsobjekte erfaßt.

Auch im privaten Bereich existieren umfangreiche, teilweise institutionsübergreifende zoologische Sammlungsdatenbanken (meist in direkter Verbindung mit Artenregistern). Als Beispiel sei hier die von H. Wolf in Plettenberg aufgebaute dBASE-Datenbank europäischer und palaearktischer Pompilidae genannt, welche, basierend auf dem von ihm seit 1950 gesichteten Material, etwa 50 000 Sammlungsdatensätze mit Fundort, Sammlername, Sammlungsverbleib und Sammeljahr, und damit verbunden ca. 5000 validitätsüberprüfte Taxa enthält.

Am Naturhistorischen Museum der Humboldt-Universität Berlin hält D. Lazarus größere Datenbestände zu den Radiolarien (rezent und fossil), die auf Grund ihrer Bedeutung in der Paläoozeanographie, der *Global Change* und der Evolutionsforschung besondere Beachtung verdienen. Ein internationales Netzwerk von Spezialisten besteht, zumal das Naturhistorische Museum letztlich als eines von acht globalen *Radiolarian Marine Micropaleontology Reference Centers* anerkannt wurde.

Die großen Herbarien haben bisher, wohl aufgrund der generell schwierigen kuratoriellen Lage, kaum Sammlungserfassung betrieben. In Berlin wurde Anfang der 90er Jahre im Rahmen einer Arbeitsbeschaffungs-Maßnahme die getrennt vom Generalherbar aufbewahrte Frucht- und Samensammlung erfaßt. Das damals erstellte dBASE Programm wurde später in ein MS-Access System umgewandelt. Daneben existieren Erfassungen von Teilen des Herbars, die in laufende Forschungsprojekte eingebunden sind; so z.B. die aus Griechenland stammenden Belege in der Flora Hellenica Database in Kopenhagen, sowie die El-Salvador-Belege in der gemeinsam mit dem dortigen Botanischen Garten seit Ende der 80er Jahre aufgebauten Datenbank.

Das Systax System wurde um ein Modul zur Herbarverwaltung erweitert, welches z.Zt. im Herbarium der Universität Ulm und der Universität Gießen sowie im Herbarium der Staatssammlung München eingesetzt wird.

## Verknüpfte Information

Organismenregister und Belegdatenbanken bilden die primäre Informationsgrundlage für die globale Biodiversitätsinfrastruktur. Information auf der molekulargenetischen wie auf der Ökosystemebene muß letztendlich an Organismen festgemacht werden, aus oder von denen die Gene (ab)stammen, oder aus denen die Ökosysteme zusammengesetzt sind. Die Belege sichern dabei die Reproduzierbarkeit des wissenschaftlichen Ergebnisses und bilden gleichzeitig die Ausgangsbasis für neue Analysen.

Aber auch auf der organismischen Ebene selbst bestehen Verknüpfungen zu anderen Themen. Als Beispiel soll hier die Verbindung zu deskriptiver Information (Wie sieht der Organismus aus, wie kann man ihn von anderen unterscheiden?), die zu chemischer Substanzinformation (Was enthält der Organismus?) und die in der Biodiversitätsforschung wichtige Verbindung zu geographischer (Wo kommt der Organismus vor, wieviele Organismen kommen wo vor?) angeschnitten werden.

Für das computergerechte Kodieren taxonomischer Beschreibungen wurde bereits vor über einem Jahrzehnt die *Descriptive Language for Taxonomy* (DELTA) entwickelt und auch als TDWG Standard anerkannt. Ursprünglich vor allem als ein Hilfsmittel für die computergestützte Erstellung von Bestimmungsschlüsseln und Beschreibungstexten gedacht, ist DELTA inzwischen vor allem auch durch deutsche Initiativen in den Bereich der deskriptiven Datenbanken und damit der Analyse großer Merkmalsdatensammlungen vorgedrungen. Hier sollen genannt werden:

– Das LIAS System *(DELTA-based determination and data storage system for LIchenized and lichenicolous AScomycetes*, Rambold & Triebel 1999) an der Botanischen Staatssammlung München, mit Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Hier entsteht eine DELTA Datensammlung für alle Flechtengattungen weltweit, die bereits weitgehend komplett ist. Ein generischer Bestimmungsschlüssel kann über das WWW benutzt werden. LIAS ist ein gutes Beispiel für eine erfolgreiche internationale Kooperation vieler Wissenschaftler, die ohne die Bereitstellung einer technischen Infrastruktur nicht zustande gekommen wäre.

– DeltaAccess ist ein *public domain* Programm, welches von G. Hagedorn (1999, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft) entwickelt wurde, und welches die eigentlich an ein Textformat gebundene DELTA Struktur in eine relationale Datenbank umsetzt. Damit wird es möglich, die deskriptive Information mit zahlreichen statistischen und numerisch-taxonomischen Funktionen zu analysieren, neben der traditionellen *on-line* Bestimmung und Beschreibungstextausgabe, die ebenfalls im Funktionsumfang des Programms enthalten ist. Dem *open source software* Konzept entsprechend wurden in internationalen Kooperationen u.a. bereits zwei *World-Wide-Web* Schnittstellen entwickelt, die z.B. interaktive Identifikation über das WWW erlauben.

Zwei ganz andere Projekte sollen das Potential für interdisziplinäre Integration von Organismendaten aufzeigen, die sowohl eine ökonomische als auch eine taxonomische Bedeutung haben:

– Im Verlauf ihrer in den 60er Jahren begonnenen Forschungen über die Chemie der Compositen hat die Arbeitsgruppe F. Bohlmann an der TU-Berlin eine Kartei zu Inhaltsstoffen und Arten der Compositen aufgebaut, die nach Bohlmanns Tod von C. Zdero und J. Jakupovic weitergeführt wurde und als zu 98% komplett gelten kann; d.h. sie enthält fast alle jemals für Compositenarten publizierten oder in eigenen Arbeiten gefundenen Inhaltsstoffe. Seit 1994 wurden die Daten in eine ISIS/PC Datenbank überführt (die *Bohlmann Files*), die auf dem WWW zugänglich gemacht werden kann. Ein Entwurf für ein relationales Datenbanksystem für die mit den Strukturen verknüpfte taxonomische und bibliographische Information liegt vor. In Kombination mit einem aktualisierten und von Experten revidierten Register der Compositen könnten die hier vorhandenen Angaben (über 5000 Arten, über 20 000 Substanzen) als Basis für weitergehende systematische und anwendungsorientierte (vor allem pharmazeutische) Forschungen dienen.

- Phytopathogene Pilze gehören größtenteils klar abgegrenzten taxonomischen Gruppen an und stellen gleichzeitig eine wirtschaftlich und ökologisch besonders wichtige Gruppe dar. Die frühzeitige Bestimmung von Schadorganismen kann den Einsatz umweltschädlicher Pestizide reduzieren oder sogar vermeiden. Ein Wirtspflanzenindex phytopathogener Pilze (Arbeitstitel: *HostIndex)*, verbunden mit der Möglichkeit, Bestimmungen interaktiv über das WWW durchzuführen, bietet die besonders interessante Möglichkeit, mehrere Organismenregister (Wirte und Parasiten) zusammen mit deskriptiver Information in einer gemeinsamen Anwendung zu vereinen. Von G. Deml in Berlin werden in der MINOS Datenbank (G. Hagedorn) des Instituts für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit der BBA ca. 3200 nomenklatorische Datensätze und 3700 Sammlungsbelege von Brandpilzen (Ustilaginales s.l., Basidiomycetes) gehalten. H. Bauch, Auenwald, verfügt über eine unveröffentlichte Datenbank mit 9000 erfaßten Wirt-Parasit-Interaktionen von Rostpilzen (Uredinales, Basidiomycetes). Beide Datenbanken würden sowohl für ein globales Register der pflanzenparasitischen Pilze als auch für ein Wirt/Parasit Indexprojekt zur Verfügung stehen.

Schließlich soll anhand eines Projektbeispiels noch auf den geographischen Themenkomplex eingegangen werden. Globale Verbreitungsinformation zu Arten beruht im allgemeinen auf Beleginformation, und die Herbarien und zoologischen Sammlungen enthalten enorme Mengen derartiger Informationen. Der Einsatz von Geographischen Informationssystemen zur Darstellung und Analyse derartiger Daten steht im Mittelpunkt des folgenden Projekts.

- Das Projekt Kartierung der globalen Phytodiversität – BIOMAPS *(Biodiversity Mapping for Protection and Sustainable Use of Natural Resources)* an der Universität Bonn (Arbeitsgruppe Barthlott) soll Erkenntnisse zur Verteilung der globalen Biodiversität bereitstellen. Dazu werden auf der Basis vorliegender Einzelstudien detaillierte Karten der Phytodiversität erstellt, die funktionalen Zusammenhänge zwischen Geodiversität und Phytodiversität erarbeitet und skizziert, und operationalisierbare Indikatoren für ein kontinuierliches Monitoring der Phytodiversität untersucht und identifiziert. Als Basis dienen floristische und vegetationskundliche Daten, räumlich differenzierte Geobasisdaten, Vegetationskarten und aus Fernerkundungsdaten abgeleitete phänologische Indikatoren, die integrativ in einem Geographischen Informationssystem (GIS) verarbeitet werden. Das Projekt wird in enger Kooperation mit dem Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DLR/DFD), Abteilung Umweltsysteme (G. Braun) und dem Geographischen Institut der Universität Bonn durchgeführt.

### 4.5. Zusammenfassung

Eine bundesweite Koordinierung von Projekten zur Biodiversitätsinformatik findet bislang nur im Umfeld der Umweltinformationssysteme und des Umweltdatenkataloges sowie der Organismenkartierung statt und bezieht sich (unter Ausnahme der

genetischen Ressourcen) nur auf die Biodiversität in Deutschland selbst. Aufgrund der durch die föderalen Strukturen bedingten Zersplitterung sind hier noch erhebliche Synergiereserven zu erschließen. Auf der Ökosystemebene ist hier durch die notwendige Anwendung der Richtlinien der EU (siehe unter Abschnitt 3.2) ein erheblicher Informationszuwachs zu verzeichnen, der sich teilweise durch Erfassungsmaßnahmen und vor allem durch die langjährigen Kartierungsmaßnahmen auf Bundes- und Länderebene auch auf die Artebene bezieht. Hier ist durch Projekte wie die Kartierungsmaßnahmen auf europäischer Ebene (s. unter Abschnitt 4.2), die Zusammenarbeit im marinen Bereich und durch die Einbindung in UN Programme wie *Man and Biosphere* eine gewisse Koordination zu verzeichnen.

Hingegen ist ein koordiniertes Vorgehen in Bezug auf die enormen Informationsreserven zur globalen Biodiversität, die in der deutschen systematischen Forschung und in den biologischen Sammlungen zu finden sind, nur in ersten Ansätzen zu verzeichnen. Aufgrund des auf nationaler Ebene fehlenden zusammenfassenden Rahmens sind die hier vorhandenen Informationen nur schwer zugänglich, ihre Einbindung in internationale Vorhaben wird erschwert, und es ist anzunehmen, dass vielfach auf Grund persönlicher wissenschaftlicher Initiative geschaffene Datensammlungen nicht erschlossen werden. Den naturkundlichen Forschungssammlungen Deutschlands, die überwiegend gleichzeitig systematische Forschungsinstitute sind, kommt auf der Ebene der organismen-bezogenen Primärinformation der Biodiversitätsforschung eine Schlüsselrolle zu.

## 5. STRATEGIE UND PRIORITÄTEN IM BEREICH BIODIVERSITÄTSINFORMATIK

### 5.1. Strategie für eine national koordinierte Forschungsförderung

Aus der vorangehenden Analyse ergibt sich, dass im Bereich der Biodiversitätsinformatik auf der organismischen Ebene das größte Förderungsdefizit besteht; hier handelt es sich um eine besonders im Hinblick auf die internationale Kooperations- und Konkurrenzfähigkeit der deutschen Biodiversitätsforschung zu füllende Lücke. Hierbei ist die nationale Seite (also die Verarbeitung von Informationen zur Biodiversität der in Deutschland vorhandenen Organismen) durch vom BMU (BfN) und vom BML unterstützte Projekte in Teilbereichen bereits relativ weit fortgeschritten. Ein Ausbau der Informationsbereitstellung im international ausgerichteten organismischen Bereich leistet im Sinne der Biodiversitätskonvention einen direkten Beitrag zur geforderten Verbesserung der Erhaltung, nachhaltigen Nutzung und Entwicklung der globalen Biodiversität und kommt zusätzlich der Informationslage im Ökosystembereich (Umweltinformation) sowohl unmittelbar als auch langfristig zugute.

Im Sinne einer effizienten Förderung ist hierbei zunächst ein gezieltes Verbessern und Homogenisieren der biodiversitätsinformatischen Infrastruktur ins Auge zu fassen. Hierzu gehören Maßnahmen, die auf eine verbesserte Koordination der

verschiedenen Initiativen und Projekte abzielen, ebenso wie die Förderung der Nutzung von vorhandenen Standards und die Entwicklung von Verfahren (Hard- und Software-Empfehlungen zur Datenerfassung, Abfragen auf verteilten inhomogenen Datenbanken, etc.).

Diese Maßnahmen müssen parallel durch die vermehrte Bereitstellung bzw. digitale Erschließung der - besonders in Deutschland umfangreich vorhandenen - primären Datenbestände unterstützt und erprobt werden. Die Erschließung zusätzlicher Daten kann zunächst nur fokussiert erfolgen, muß aber mittel- bis langfristig umfassend ausgebaut werden. Es handelt sich zumeist um anfänglich personalintensive Maßnahmen, die nicht unter die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Förderungsinstrumente fallen. Im Rahmen der internationalen Forschungskooperation (und auch der durchaus vorhandenen internationalen wissenschaftlichen Konkurrenz) ist dabei auch dem Besetzen von Themen durch die deutsche Wissenschaft eine Rolle zuzuschreiben.

Für alle genannten Maßnahmen gilt, dass sie unter verstärktem Einsatz innovativer Informationstechnologien (z.B. verteilte Objekttechnologie im Datenzugriff, Replikationstechniken für Datenbanken, Bildverarbeitung, Verbindung mit Geographischen Informationssystemen), soweit möglich im interdisziplinären Ansatz, unbedingt aber in direkter Anbindung an internationale, aktuell durchgeführte Vorhaben und Projekte realisiert werden sollten.

Die Förderung in diesen Bereichen hat einen deutlichen Anschubcharakter; viele der hier angestrebten Lösungen sind wegbereitend für eine Integration der Erfassungsverfahren in den normalen Betrieb der mit Biodiversitätsforschung befassten Institutionen. Mittelfristig wird damit eine allgemeine Koordination der Datenerfassung bei Biodiversitätsforschungsprojekten in Deutschland angestrebt, wobei das US-amerikanische Beispiel zeigt, dass die verschiedenen Förderungsträger hier einen entscheidenden Einfluss ausüben können. So findet dort eine ausdrückliche Förderung u.a. in den NSF Programmen *Database Activities in the Biological Sciences, Biological Infrastructure, Biological Research Collections* und *Biotic Surveys and Inventories* statt. Das vom BMBF aufgestellte Förderprogramm BIOLOG macht einen Schritt in diese Richtung, obwohl erneut eine gezielte Unterstützung sowohl von groß angelegten Erfassungsmaßnahmen als auch von der Erstellung globaler Organismenregister in Deutschland unterbleibt.

## 5.2. Verbesserung der Infrastruktur

### Koordination

Das Ziel von Projekten in diesem Bereich ist, die bereits vorhandenen und die entstehenden biodiversitätsinformatischen Ressourcen miteinander zu verknüpfen, und zwar sowohl in sachlicher als auch in organisatorischer und persönlicher Hinsicht:

- In sachlicher Hinsicht ist hier vor allem die Entwicklung und Veröffentlichung von Datenstruktur- und Austauschstandards anzustreben, die auf geeigneten Datenmodellen aufsetzen. Es handelt sich dabei teilweise um Anpassungen und Übersetzungen aus dem Englischen von bereits veröffentlichten internationalen Standards.
- In organisatorischer und persönlicher Hinsicht geht es um den Erfahrungsaustausch unter den Institutionen und den jeweils für Biodiversitätsinformatik zuständigen Fachleuten und ggf. die gemeinsame Entwicklung von Projekten. Mittelfristig ist hier in Form einer Selbstorganisation das Ziel einer Schaffung von nationalen Koordinierungsstellen für verschiedene Informationssysteme ins Auge zu fassen, wobei es vermutlich sinnvoll wäre, die Bereiche Mikrobiologie, terrestrische Zoologie, Botanik, marine Biologie und Paläontologie zu trennen.

Eine wichtige Grundlage hierfür wäre die Erfassung von deutschen Projekten und Strukturen im Sinne eines ständig gepflegten Projektregisters. Dies könnte u.U. als eine Komponente in den deutschen Clearinghouse Mechanismus integriert werden. Im Bereich biologische Sammlungen kann dabei auf den Datenbestand und die Datenbank des BioCISE Projekts zurückgegriffen werden. Weiterhin sollte hier auch eine zentrale Erfassung (und damit Koordinationsmöglichkeit) für Biodiversitätsdaten, die im Rahmen deutscher Entwicklungshilfeprojekte im Ausland erhoben werden, geschaffen werden.

Die Bedeutung einer institutions- und länderübergreifenden Koordination in Deutschland wird in der Übersicht der in Deutschland gegenwärtig durchgeführten Projekte im Bereich organismischer Biodiversitätsinformatik (vgl. Abschnitt 4.4) deutlich. Es mangelt durchaus nicht an substanziellen Ansätzen und teilweise beachtlichen, bereits digitalisiert verfügbaren Datenbeständen. Als nachteilig erweist sich jedoch das weitgehende Fehlen einer überregionalen Koordination, die einen effektiven Datenaustausch sowie die Zusammenführung der zahlreichen unterschiedlichen Projekte und Vorhaben, die sich oft mit denselben Organismengruppen befassen, erleichtern würde. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Institute immer noch nicht über eine effiziente Anbindung an internationale Datennetze verfügen. Der Mangel an Integration auf nationaler Ebene erzeugt zusätzliche Probleme bei der internationalen Einbindung deutscher Vorhaben, da hier in Deutschland oft zu viele potenzielle Ansprechpartner vorhanden sind. Weiterhin wirkt sich in Deutschland das Fehlen zentraler Förderinstrumente für die Informationserschließung als nachteilig aus (Naumann et Greuter 1997, vgl. NSF 1998), die beispielsweise die Möglichkeiten zur Schaffung und Einhaltung allgemeiner technischer Standards und einheitlicher Informationsstrukturen deutlich verbessern würden.

**Schaffung von - oder Anbindung an - Standarddatenkataloge**

Hiermit sollte das Ziel verfolgt werden, übergreifende Standarddatenkataloge zu schaffen oder eine Mitbenutzung solcher Kataloge zu sichern. Dabei handelt es sich

um Datensammlungen (von einfachen Tabellen bis zu komplexen Systemen), die in andere Biodiversitätsdatenbanken integriert, aber an der Ursprungsstelle gepflegt werden. Es handelt sich also um eine den Organismenkatalogen analoge Vernetzungsaufgabe; die Priorität sollte bei den Themenbereichen geographische Angaben, Literaturdatenbanken und taxonomische Informationssysteme oberhalb der Artebene liegen.

Die Begründung für eine getrennte Förderung solcher Projekte ist, dass es eine ganze Reihe von Datenbereichen gibt, die in verschiedenen Organismenregistern und Sammlungsdatenbanken Verwendung finden und deren Parallelentwicklung in jedem einzelnen Projekt verhindert werden sollte. So ist z.B. für das vorrangige Ziel einer vollständigen Inventarisierung der Biosphäre die Ermittlung der räumlichen Verbreitung der Organismenarten von zentraler Bedeutung, d.h. die Erfassung von geographischer Information ist dringend geboten. Konkrete Verbreitungsdaten bei Sammlungsbelegen bestehen in der Regel in der Angabe von Ortsnamen bzw. sind an Ortsnamen ausgerichtet. Eine Angabe geographischer Koordinaten, wie sie für eine informationstechnische Umsetzung solcher Verbreitungsangaben am günstigsten ist, ist in der Mehrzahl der Fälle nicht vorhanden. Wichtig aus der Sicht der Biologie sind daher die Verfügbarkeit von globalen Ortsnamenregistern *(gazetteers)* bei der Datenerfassung bzw. die Nutzung von Informationssystemen, die eine Zuweisung von Koordinaten zu Ortsnamensangaben (unter Angabe des dadurch entstehenden Fehlers) ermöglichen. So besteht dann umgekehrt auch die Möglichkeit, Daten zum Vorkommen bestimmter Organismenarten in bereits bestehende, z.B. umweltorientierte geographische Informationssysteme einzuspeisen, wie dies auf lokaler Ebene bereits erfolgreich praktiziert wird (vgl. Abschnitt 4.1, z.B. ALBIS). Eine einheitliche Strukturierung geographischer Angaben zu Organismenarten erleichtert zudem für externe Nutzer den Zugang zur jeweils relevanten Information.

## 5.3. Informationserschließung

Gegenüber den offenkundigen Defiziten bei der biodiversitätsinformatischen Infrastruktur scheint die Situation hinsichtlich der Verfügbarkeit von erschließbaren Datenbeständen und der Fachkompetenz auf der organismischen Ebene in Deutschland besser, wenn sie auch nicht als generell gut bezeichnet werden kann (vgl. Abschnitte 4.2, 4.4). Durch die zwar zwischen zahlreichen naturkundlichen Sammlungen und Forschungsinstituten aufgeteilten, in ihrer Summe aber weltweit bedeutenden Sammlungsbestände bestehen in Deutschland für die Erschließung und Bereitstellung primärer Daten wie systematisch-taxonomischer Kenntnisse beachtliche Potenziale (Cracraft 1995, Hawksworth 1995, Naumann & Greuter 1997), die bisher jedoch noch wenig oder nur unzureichend genutzt wurden. So beherbergen z.B. allein die neun großen deutschen zoologischen Forschungssamm-

lungen zusammen über 2,4 Mio. Wirbeltierpräparate (und liegen hiermit nach den USA und Großbritannien weltweit an 3. Stelle), in den Herbarien deutscher Universitäten und Forschungssammlungen lagern über 17 Mio. Pflanzen-Belege (Naumann & Greuter 1997) und 10 deutsche Institutionen besitzen Insektensammlungen von weltweiter Bedeutung mit jeweils mehr als 1 Mio. Exemplaren. Trotz fortschreitendem Abbau von Stellen im Bereich organismischer Biologie an deutschen Hochschulen (insbesondere in der Zoologie, Naumann, pers. comm.), existiert aufgrund alter Traditionen in der biosystematischen Forschung hierzulande immer noch ein hohes Maß an taxonomischer Fachkompetenz (Cracraft 1996), das allerdings in zunehmendem Maße auch von Privatpersonen abgedeckt wird (z.B. Schminke 1996). Weiterhin sind auch aus für die Biodiversitätsinformatik relevanten anderen Fachbereichen, insbesondere aus der Geographie, weltweit bedeutende Datenbestände und Kompetenzen in Deutschland vorhanden, die allerdings von der biologischen Seite bisher wenig genutzt werden. Insgesamt findet sich für die Biodiversitätsforschung auf nationaler Ebene im Bereich der Informationserschließung das größte kurzfristig verfügbare Potenzial (vgl. Linsenmair 1998), das daher gezielt mobilisiert werden sollte. Hierzu bieten sich folgende Themenbereiche an:

### Organismenregister

Zur Erreichung des Ziels der Schaffung globaler Organismenregister der bekannten Arten[6] aus bestimmten systematischen Gruppen müssen die für begrenzte Regionen existierenden elektronischen Artenregister zusammengeführt und zusätzlich in der Literatur vorhandene Informationen digitalisiert werden. Dies erfordert sowohl Expertenwissen (ggf. mehrerer Wissenschaftler in verschiedenen Ländern) für die taxonomische Koordination als auch für die Abstimmung der Datenstrukturen zusammenzuführender Bestände, außerdem wird interdisziplinäres Fachwissen für den Einsatz und die Entwicklung von Werkzeugen zur Digitalisierung von Literaturdaten, der Bereitstellung der Information in Netzwerken und der Integration mit den globalen Strukturen benötigt. Die Komponente Verbreitungsinformation kann u.U. in Zusammenarbeit mit Geographen mittels Geographischer Informationssysteme abgedeckt werden.

Auf die Bedeutung der globalen Organismenregister wurde bereits unter Abschnitt 1.2 und 3.3 eingegangen. Sie fehlen bislang für die überwiegende Mehrzahl aller taxonomischen Gruppen. Ihre Erstellung ist sowohl im Sinne der Erfüllung der Biodiversitätskonvention als auch im Sinne der im Rahmen der internationalen Wissenschaftsagenda geforderten Inventarisierung der Biosphäre eine aktuell

---

[6] Hier sei der Hinweis erlaubt, dass die überwiegende Zahl der Arten auf der Erde bisher nicht bekannt ist (vergl. Steininger 1996 und Environment Australia 1998). Dem wird ein biodiversitätsinformatisches Förderprogramm nicht abhelfen, es kann aber unserer Ansicht nach Synergieeffekte hervorrufen, die letztendlich eine Freisetzung von Reserven für die Biodiversitätsforschung selbst erlaubt.

vordringliche Aufgabe (UNEP 1995, Diversitas, Agenda Systematik 2000; s. Abschnitt 3.2). Durch die Bereitstellung von wichtiger Rahmeninformation für interdisziplinäre Informationssysteme (z.B. Schadinsekten, phytopathogene Pilze, Pflanzeninhaltsstoffe, Indikatororganismen für Luftverschmutzung und vieles andere mehr) wird durch solche globalen Organismenregister zudem für eine Bewältigung der Probleme des Globalen Wandels notwendiges Grundlagenwissen bereitgestellt (Linsenmair 1998). Im diesem Bereich bieten sich derzeit noch gute Chancen zur "Besetzung" von Themen durch die deutsche Forschung im internationalen Rahmen, wie die Übersicht der momentan noch fragmentarischen Bemühungen zeigt (vgl. Abschnitt 3.3; *Species 2000*, IOPI), obwohl sich in manchen Bereichen (z.B. Blütenpflanzen) bereits eine gewisse globale Verteilung der Themen andeutet.

Als Kriterium für die Auswahl von Projekten muß zunächst die Auswahl der Organismengruppe herangezogen werden. Für eine konzentrierte Förderung kommen Organismengruppen in Frage, für die in Deutschland wissenschaftliche Kompetenz und möglichst auch eine Datengrundlage vorhanden sind, die eine ausreichende Größe und eine weite (möglichst auch tropische) Verbreitung aufweisen und für die eine entsprechende Lücke im Konzert der bereits vorhandenen internationalen Bemühungen besteht. Weiterhin ist eine Kombination mit Projekten zur Erschließung von Sammlungsinformation und/oder mit verknüpften Informationssystemen wünschenswert. Mit einer Bildung von Arbeitsgruppen, die unter Beteiligung ausländischer Wissenschaftler eine gleichzeitige Sicherung der Datenhaltung in Deutschland gewährleisten, wäre eine internationale Anbindung solcher Vorhaben zu erreichen, die gleichzeitig Synergieeffekte für die Förderung biosystematischer Forschung in Deutschland aufweisen würde.

### Erschließung der Sammlungsinformation

Um das Ziel zu erreichen, die in den biologischen Sammlungen liegenden Informationsreserven zu mobilisieren, müssen einerseits die bereits in Einzelinstitutionen und aus zahlreichen Projekten digitalisiert vorliegenden Daten (vgl. Abschnitt 4.4) allgemein verfügbar gemacht werden (was oft eine Konvertierung der Datenbestände mit dem Ziel, sie den heutigen Standards anzupassen, einschließt). Andererseits muß die ganz überwiegende Anzahl der vorliegenden Belege neu erfaßt werden. Aus der Natur der Objekte heraus bieten sich dabei durchaus je nach Sammlungstyp verschiedene Ansätze. So ist z.B. bei den höheren Pflanzen normalerweise die Sammlungsinformation (Name, Herkunft der Belegs, Sammler etc.) auf dem Etikett des Belegs selbst konzentriert, während bei vielen anderen Sammlungen sich die Information im wesentlichen in Akzessions- und Notizbüchern oder Karteien findet. Etiketten und Notizbücher können mit der heute zur Verfügung stehenden digitalen Phototechnik preisgünstig aufgenommen werden und damit weltweit zur Erschließung zugänglich gemacht werden. Der gegenwärtige Stand der Technik erlaubt aber auch bereits ohne großen finanziellen

Aufwand die Digitalisierung bestimmter ganzer, im wesentlichen 2-dimensionaler Belege (z.B. mikroskopischer Algen), der Herbaretiketten, oder auch der Notizbücher. Insbesondere bei den besonders wertvollen Typusexemplaren[7] ist eine solche Volldigitalisierung anzustreben, wobei der rapide Fortschritt der Technik durchaus auch dreidimensionale und hochauflösende Darstellungen mittelfristig realistisch erscheinen läßt. Für geographisch/ökologische Fragestellungen, taxonomischen Zugang und statistische Analysen sind aber wohlstrukturierte Datenbanken unbedingt notwendig, die in der Datenerfassung erheblich arbeitsintensiver sind. Kurzfristig und bei den "normalen" Belegen ist vermutlich ein Arbeitsprozess am vielversprechendsten, der eine Kombination von Bild- und Textdaten vorsieht, wobei der Text sich in der Ersterfassung auf Kerndaten (wissenschaftlicher Name, ggf. Lagerort des Belegs, eventuell geographische Angaben und/oder Sammlerangaben) beschränkt, um dann im Bedarfsfall mittels der in Bildform digitalisierten Information weiter detailliert zu werden.

Die Bedeutung der biologischen Sammlungen wurde bereits in Abschnitt 1.3 angesprochen. Die in deutschen naturkundlichen Forschungssammlungen und Universitätsinstituten enthaltenen naturkundlichen Sammlungsbelege sind in ihrer Summe von grundlegender Bedeutung für die globale Biodiversitätsforschung (Naumann & Greuter 1997, Steininger 1997). Eine vollständige Erschließung und die allgemeine Verfügbarmachung dieser Datenbestände erfüllt nicht nur eine der zentralen Verpflichtungen aus der Ratifizierung der Biodiversitätskonvention (vergl. 3.1.; Repatriierung von Daten[8]), sondern beinhaltet einen substanziellen, den Leistungen anderer Länder entsprechenden Beitrag zur internationalen Biodiversitätsforschung. Entsprechende Förderungsmaßnahmen zur Erschließung biologischer Forschungssammlungen existieren bereits seit längerem z.B. in den USA (vgl. NSF 1998) und haben wesentlich zur heutigen Führungsposition der Vereinigten Staaten im Bereich organismischer Biodiversitätsforschung beigetragen. Eine unter Einsatz moderner Informationstechnologie durchgeführte Datenerschlie-

---

[7] Typus-Exemplare sind präparierte Belegexemplare, die (normalerweise) vom Autor des Tier- oder Pflanzennamens festgelegt wurden. Sie sind die unersetzliche international verbindliche Referenz für die Identität der wissenschaftlichen Namen einzelner Taxa (also bestimmter Arten, Gattungen, Familien, etc.) und besitzen daher einen besonderen wissenschaftlichen Wert (vgl. Naumann & Greuter 1997 und die Nomenklaturcodes: Ride & al. 1999 und Greuter & al. 1994).

[8] Die Abgabe von so gewonnenen Teildatenbeständen an das Ursprungsland stellt eine sehr effektive Maßnahme des Informations- und Technologietransfers im Sinne des Clearing House Mechanisms der Biodiversitätskonvention dar. Dies wurde z.B. bereits in großem Umfang von der mexikanischen Biodiversitätskommission CONABIO initiiert und durchgeführt und hat maßgeblich zum Aufbau der beispielhaften biodiversitätsinformatischen Infrastruktur in Mexiko beigetragen.

ßung hilft weiterhin der in vielen Fällen in Deutschland aktuell bedrohten, langfristigen Sicherung dieser Bestände (vgl. Schminke 1996).

Obwohl eine konzentrierte Förderung der großen Institutionen kurzfristig den größten Effekt zeigen dürfte, bietet die Erschließung kleinerer, oft stark vernachlässigter Sammlungen mit überregionaler Bedeutung die Chance, diese oft selbst der Fachwissenschaft kaum bekannten oder unzugänglichen Bestände zu erschließen (Schminke 1996). Derartige, vom Gesamtumfang her kleinere Spezialsammlungen sind aufgrund der Kulturhoheit der Länder und des föderativen Systems in Deutschland zahlreich vorhanden und oft aufgrund mangelhafter konservatorischer Pflege direkt in ihrem Bestand bedroht. Allerdings stellen die relativ hohen Mitgliedsbeiträge zum deutschen Forschungsnetz (Internet) gerade für kleinere Institutionen ein starkes Integrationshindernis dar.

**Schaffung von verknüpften biologischen Informationssystemen**

Ziel ist hier die Schaffung oder Einbindung von Informationssystemen, die in direkter Beziehung zu Organismenregistern oder Sammlungsdatenbanken stehen und damit langfristig zu deren Erhaltung und Ausbau beitragen können. Hierzu zählen sowohl Themen innerhalb der Biowissenschaften als auch interdisziplinäre Projekte. Es ist hier durchaus auch an eine Verbindung mit Verlagen oder anderen kommerziellen Informationsbereitstellern zu denken. Ein Beispiel hierfür ist die Zusammenarbeit zwischen ILDIS, der Weltdatenbank der Blütenpflanzenfamilie der Leguminosen (Hülsenfrüchtler) und dem Verlagshaus Chapman & Hall, die zur Produktion der CD *Phytochemical Dictionary of Leguminosae* führte.

Aufgrund der zentralen Position der Organismenregister in der Biodiversitätsinformatik ist das Feld der möglichen verknüpften Information sehr breit. Dies beginnt im taxonomisch-systematischen Feld selbst, z.B. durch die Schaffung und Bereitstellung von Informationssystemen, die, auf vorhandenen und zu schaffenden Standards aufbauend, Merkmalsinformation zu den Organismen liefern, aufgrund derer interaktive Bestimmungen und Analysen durchgeführt werden können, über die Verknüpfung mit geographischen Informationssystemen zur Beantwortung von Fragen der globalen Biodiversitätsforschung, bis hin zu interdisziplinären Anwendungen. Hinzu kommt der weite Bereich der multimedialen Information (v.a. Bild- und Tonarchive). Die anzustrebende Interdisziplinarität ist naturgemäß nicht in gleichem Maße auf alle Wissenschaftsbereiche außerhalb der Biologie sinnvoll anwendbar. Die direkte Kooperation mit entsprechenden Bereichen der Informatik bzw. Informationstechnologie ist vorgegeben, und die enge Verzahnung mit der Geographie wurde bereits erwähnt. Sinnvollerweise sollte aber auch eine Anbindung an die Wissenschaftsbereiche erfolgen, die unmittelbar mit der Nutzung bzw. Erhaltung der internationalen Biodiversität befaßt sind, wie z.B. der Entwicklungszusammenarbeit im Bereich der Landwirtschafts- und Forstwissenschaften und des Naturschutzes, in der Medizin (besonders in der Epidemiologie und Pharmazie) und der (Naturstoff-)Chemie. Daneben existieren durchaus auch Beziehungen mit einigen geistes- bzw. sozialwissenschaftlichen Fächern wie der Ethnologie (Kulturanthropologie) und Archäologie.

Bei der verknüpften Information zu Belegdatenbanken kann es sich, neben den bereits erwähnten Bilddaten der Belege selbst und dem in Abschnitt 5.2. dargestellten Geographiebezug, vor allem um Literaturdaten handeln, insbesondere die Verknüpfung der Typusexemplare mit den entsprechenden Literaturstellen. Beim Aufbau solcher Datenbanken ist eine Überprüfung der Typen vorzunehmen. Ein anderes Gebiet ist die Integration von beschreibenden Belegdaten (z.B. Größenmessungen etc.) in auf Standards wie DELTA beruhende Informationssysteme in der taxonomischen Forschung.

Die Bedeutung der verknüpften Datenbanken in der Anfangsphase der Biodiversitätsinformatik liegt vor allem in ihrer unterstützenden Funktion für die infrastrukturbildenden Organismenregister und Belegdatenbanken. Wie jede Infrastruktur benötigt auch diese ständige, langfristig gesicherte Pflege. Im Fall von Informationsinfrastrukturen wird diese Pflege am besten durch intensive Nutzung (und damit ständige Ergänzung und Verbesserung) erreicht. Dies muss aber zumindest in der Anfangsphase direkt mitgefördert werden, um mittelfristig einen Selbstorganisationsprozess in Gang zu setzen, der die biodiversitätsinformatische Infrastruktur langfristig voll in die bestehende wissenschaftliche Infrastruktur integriert.

## DANKSAGUNG

Wir danken Gregor Hagedorn, Biologische Bundesanstalt in Berlin, und Rudolf May, Bundesamt für Naturschutz in Bonn, für die kritische Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Anregungen und Ergänzungen.

## ZITIERTE LITERATUR

Anmerkung: Aufgrund der häufig nicht stabilen Adressen von Dokumenten auf dem World Wide Web haben die Autoren versucht, solche Zitate auf gedruckte Werke zurückzuführen. Wo dies nicht möglich war, empfiehlt sich eine Suche des Titels mittels einer Suchmaschine, sollte die URL nicht mehr aktuell sein.

Anonym (1990): Understanding our genetic inheritance – the U.S. human genome project: the first five years. U.S. Dept of Health and Human Services, U.S. Dept of Energy. [http://www.nhgri.nih.gov/HGP/HGP_goals/5yrplan.html]

Anonym (1991): Übereinkommen zum Schutz der Alpen (Alpenkonvention). Salzburg 1991 [http://deutsch.cipra.org/texte/alpenkonvention/alpenkonvention_hauptseite.htm]

Anonym (1996): Dublin Core Metadata Element Set: Reference Description. OCLC Online Computer Library Center, Inc. [http://purl.org/metadata/dublin_core_elements]

Anonym (1999): Final report of the OECD Megascience Forum Working Group on Biological Informatics, January, 1999. [http://www.bgbm.fu-berlin.de/biodivinf/docs/OECDMSWGBI.pdf]

ASC (1993): An information model for Biological Collections (Draft). – Report of the Biological Collections Data Standards Workshop, August 18-24, 1992. Association of Systematic Collections, Committee on Computerization and Networking. [gopher://kaw.keil.ukans.edu:70/11/stan-dards/asc]

Barthlott, W., M. von den Driesch, P.L. Ibisch, W. Lobin & G. Rauer (1999): Botanische Gärten und Biodiversität. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 70 pp.

BCIS (1999): Biodiversity Conservation Information System – better data for better decisions. – IUCN, Chicago. [http://www.biodiversity.org/]

Berendsohn, W.G. (1995): The concept of "potential taxa" in databases. – Taxon 44: 207-212.

Berendsohn, W.G. (1997): A taxonomic information model for botanical databases: The IOPI Model. – Taxon 46: 283-309.

Berendsohn, W.G. (1998): Datenstrukturforschung und international vernetzte Umweltinformation auf der Ebene der Organismen. pp 33-45 in: Hoppe, J., Helle, S. & Krasemann, H. L. (ed.): Vernetzte Umweltinformation. – Praxis der Umweltinformatik 7. Metropolis Verlag.

Berendsohn, W.G. (ed.) (1999a): Standards, Information Models, and Data Dictionaries for Biological Collections. TDWG Subgroup on Accession Data, Berlin. [http://www.bgbm.fu-berlin.de/TDWG/acc/Referenc.htm]

Berendsohn, W.G. (ed.) (1999b): Provisional global plant checklist. Information systems committee, International Organization for Plant Information, Berlin. [http://www.bgbm.fu-berlin.de/iopi/gpc]

Berendsohn, W.G., A. Anagnostopoulos, G. Hagedorn, J. Jakupovic, P.L. Nimis, B. Valdés, A. Güntsch, R.J. Pankhurst & R.J. White (1999): A comprehensive reference model for biological collections and surveys. Taxon 48: 511-562. [http://www.bgbm.fu-berlin.de/biodivinf/docs/CollectionModel/]

BioCISE (1999): BioCISE - Resource Identification for a Collection Information Service in Europe. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. [http://www.bgbm.fu-berlin.de/biocise/]

Biosis (1999): Zoological Record. Biosis and the Zoological Society of London. [http://www.york.biosis.org/zrdocs/zrprod/zoorec.htm]

Bisby (1997): Putting names to things and keeping track: the Species 2000 programme for a coordinated catalogue of life. – pp 59-68 in: Bridge, P., Jeffries, P., Morse, D. R. & Scott, P. R. (ed.): Information technology, plant pathology and biodiversity. – CAB International, Wallingford.

BMU (Hrsg.) (1997): Wegweiser lokale Agenda 21 – Literaturansprechpartner; erarbeitet vom Umweltbundesamt (UBA), Dezember 1997.

BMU (1998): Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, März 1998.

BMU, UBA (Hrsg.) (1998): Handbuch Lokale Agenda 21 – Wege zur nachhaltigen Entwicklung in den Kommunen; vorgelegt vom Internationalen Rat für kommunale Umweltinitiativen (ICLEI), Juni 1998.

BMU, UBA (Hrsg.) (1999): Lokale Agenda 21 im europäischen Vergleich; vorgelegt vom Internationalen Rat für kommunale Umweltinitiativen (ICLEI), Mai 1999.

Butler, D. (1998): Briefing Museums. – Nature 394: 105, 115-119.

CABRI (1999): Common Access to Biotechnological Resources and Information. – The CABRI Consortium. [http://www.cabri.org/]

CITES (1973/1979): Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Signed at Washington, D.C., on 3 March 1973, amended at Bonn, on 22 June 1979. – CITES Secretariat, Genève. [http://www.wcmc.org.uk/ CITES/english/text.htm]

Collins, F. & D. Galas (1993): A new five-year plan for the U.S. human genome program. – Science 262:43-46.

Collins, F. S., A. Patrinos, E. Jordan, A. Chakravarti, R. Gesteland & L. Walters (1998): New goals for the U.S. human genome project: 1998–2003. – Science 282:682-689.

COP (1998): Convention on Biological Diversity. Texts of the decisions adopted by the fourth meeting of the Conference of the Parties. [http://www.biodiv.org/cop4/FinalRep-/1.html]

Council of Europe (1979): Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention). – Council of Europe, European Treaties ETS 104. [http://www.nature.coe.int/english/cadres/berne.htm]

Cracraft, J. (1995): The urgency of building global capacity for biodiversity science. – Biodiversity and Conservation 4: 463-475.

Cracraft, J. (1996): Systematics, biodiversity science, and the conservation of the Earth's biota. – Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft 89: 41-47.

Croft, J., N. Cross, S. Hinchcliffe, E. Nic Lughadha, P. F. Stevens, J. G. West & G. Whitbread (1999): Plant names for the 21st century: the International Plant Names Index, a distributed data source of general accessibility. – Taxon 48:317-324.

Diversitas (1996): Diversitas, an international programme of biodiversity science. Operational Plan. Diversitas, Paris.

DSMZ (1999a): DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH. [http://www.dsmz.de/]

DSMZ (1999b): Bacterial Nomenclature up-to-date. [http://www.dsmz.de/bactnom/bactname.htm]

Duden Informatik (1993): Duden Informatik – Ein Sachlexikon für Studium und Praxis. 2. Aufl., Dudenverlag.

ECNC (1999): Directory of Nature Conservation Organizations. European Centre for Nature Conservation, Tilburg. [http://www.ecnc.nl/doc/europe/ organiza/director.html]

EEA-ETC/NC (1997): Databases on Species, Habitats and Sites, Survey and Analysis 1995-96. European Environmental Agency, Kopenhagen.

Ehlers, E. & T. Krafft (ed.) (1998): German Global Change Research. German National Committee on Global Change Research, Bonn. 128 pp.

Environment Australia (1998): The Darwin Declaration. Australian Biological Resources Study, Environment Australia, Canberra.

ERMS (1998): European Register of Marine Species. U. of Southampton. [http://www.sobs.soton.ac.uk/erms/]

ETC/CDS (1999): European Topic Centre on Catalogue of Data Sources. – Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover. [http://www.mu.niedersachsen.de/cds/etc-cds_neu/etc-cds_home.html]

ETC/LC (1999): European Topic Centre on Land Cover. – Satellus AB, Kiruna. [http://etc.satellus.se/]

ETC/NC (1999): European Topic Centre for Nature Conservation. – European Environment Agency, Paris. [http://www.mnhn.fr/ctn/]

EU (1979): Council Directive of 2 April 1979 on the conservation of wild birds (79/409/EEC). – Off. J. EC 25 April 1979: L 103/1.

EU (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. – ABl. 22. Juli 1992: L 206: 7.

EU (1994): Verordnung (EG) Nr. 1467/94 des Rates vom 20. Juni 1994 über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft. – Off. J. EC L 159:1-10. [http://europa.eu.int/comm/dg06/res/gen/]

EU (1999): Community Research and Development Information Service CORDIS. [http://www.cordis.lu/]

EUA (1994): Europäische Umweltagentur – Informationen sinnvoll nutzen. – Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1998): Europas Umwelt – der zweite Lagebericht. – Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EURING (1999): Bird Ringing in Science and Environmental Management. – Netherlands Institute of Ecology, Heteren. [http://www.nioo.knaw.nl/euring2.htm]

FAO (1998): The FAO AFRICOVER Programme. [http://www.fao.org/ WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/EIdirect/EIre0053.htm]

FAO (1999a): Domestic Animal Information System DAIS. [http://www.fao.org/dad-is/entry.htm]

FAO (1999b): World Information and Early Warning System on plant genetic resources WIEWS. [http://apps2.fao.org/wiews/]

Francki, R.I.B., C. M. Fauquet, D. L. Knudson & F. Brown (1990): Classification and nomenclature of viruses. – Archives of Virology Suppl. 2:1-445.

G8 (1999): Final Report of the G8 Information Society Pilot Project - Theme 6 Environment and Natural Resources Management. U.S. Geological Survey, Washington. [http://www.g7.fed.us/enrm/final.html]

Gasc, J. P., A. Cabela, J. Crnobrnja Isailovic, D. Dolmen, K. Grossenbacher, P. Haffner, J. Lescure, H. Martens, J. P. Martínez Rica, H. Maurin, M. E. Oliveira, T. S. Sofianidou, M. Veith & A. Zuiderwijk (1997): Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe. – SEH & SPN-MNHN, Paris, 494 pp.

Gilbert, W. (1991): Towards a paradigm shift in biology. – Nature 349: 99.

GKSS (1999): LOTSE - Land Ocean Thematic Search Engine. [http://w3g.gkss.de/lotse/]

Greuter, W., H.M. Burdet & G. Long (1984): Med-Checklist. A critical inventory of vascular plants of the circum-mediterranean countries, vol. 1. Genève & Berlin.

Greuter, W., H.M. Burdet & G. Long (1986): Med-Checklist. A critical inventory of vascular plants of the circum-mediterranean countries, 3. *Dicotyledones (Convolvulaceae-Labiatae)*. Genève & Berlin.

Greuter, W., H.M. Burdet & G. Long (1989): Med-Checklist. A critical inventory of vascular plants of the circum-mediterranean countries, 4. *Dicotyledones (Lauraceae-Rhamnaceae)*. Genève & Berlin.

Greuter, W., F. Barrie, H. M. Burdet, W. G. Chaloner, V. Demoulin, D. L. Hawksworth, P. M. Jorgensen, D. H. Nicolson, P. C. Silva, P. Trehane & J. McNeill (ed.) (1994): International Code of Botanical Nomenclature (Tokyo Code). – Regnum Vegetabile 131.

Greuter, W., R. K. Brummit, E. Farr, N. Kilian, P. M. Kirk & P. C. Silva (eds.) (1993): NCU-3. Names in Current Use for Extant Plant Genera. – Regnum Vegetabile 129. [database: http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/ncu/genera/]

Hagedorn, G. (1999): DeltaAccess Version 1.6 – an SQL interface to DELTA (Description Language for Taxonomy), implemented in Microsoft Access. [www.bgbm.fu-berlin.de /Projects/DeltaAccess/ DeltaAccess.html]

Hagemeijer, W.J.M. & M.J. Blair (ed.) (1997): The EBCC atlas of European breeding birds. – Poyser, London.

Hawksworth, D.L. (1995): The Resource Base for Biodiversity Assessments. – pp 545-605 in: UNEP: Global Biodiversity Assessment.

HELCOM (1992): Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area, 1992. – Helsinki Commission - Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki. [http://www.helcom.fi/]

IGR (1999): GENRES – Informationssystem Genetische Ressourcen. Zentralstelle für Agrardokumentation und –information, Bonn. [http://www.dainet.de/genres/]

ISIS (1999): International Species Information System. [http://www.isis.org/]

ITTB (1998): ELISE, das Informationssystem für den Forschungsverbund "Elbe-Ökologie" des BMBF. – Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB, Karlsruhe. [http://elise.bafg.server.de/]

Jalas, J., J. Suominen, R. Lampinen (vol. 11ff.), & A. Kurtto (vol. 12) (ed.) (1972-1999): Atlas Florae Europaeae Vol. 1-12. – Akateeminen Kirjakauppa, Helsinki, 2039 pp.

Jury, S. (1998): Euro+Med PlantBase – a new initiative in plant systematics. U. of Reading. [http://www.herbarium.reading.ac.uk/EuroMed/]

Köhler, F. & B. Klausnitzer (Hrsg.) (1998): Entomofauna Germanica 1. Verzeichnis der Käfer Deutschlands. – Entomologische Nachrichten und Berichte. Dresden. Beiheft 4: 1-185.

Koperski, M. & M. Sauer (1999): Das Projekt "Referenzliste der Moose Deutschlands" – Dokumentation unterschiedlicher taxonomischer Auffassungen mit Hilfe des Datenbankprogrammes TAXLINK. – Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. A. 590: 1-10.

Lampinen, R. (1999): Atlas Florae Europaeae Database. –Finnish Museum of Natural History, Helsinki. [http://www.helsinki.fi/kmus/afe/database.html]

Lane, M. (1998): Biological informatics, weaving a web of wealth. – Australian Academy of Sciences, Canberra, 26 pp.

Linsenmair, K.E. (ed.) (1998): Biodiversity Research: General aspects and state of the art in Germany. – pp 12-35 in: Ehlers, E. & Krafft, T. (eds): German Global Change Research. Bonn.

May, R. (1994): Die Datenbank der Floristischen Kartierung. Ein Beispiel für die dezentrale Erhebung und zentrale Zusammenführung von raumbezogenen, naturschutzrelevanten Informationen. – pp 155-17 in: Kremers, H. (Hrsg.) (1994 ): Praxis der Umweltinformatik. Band 5 Umweltdatenbanken. Marburg.

May, R. & W. Subal (1992): Einsatz von EDV für Kartierungsprojekte. – pp 87-93 in: Bergmeier, E. (Hrsg.) (1992): Grundlagen und Methoden Floristischer Kartierungen in Deutschland. – Floristische Rundbriefe Beiheft 2, Göttingen.

Mitchell-Jones, A. J., P. Reijnders & J. M. Ziman (ed.) (1999): The Atlas of European Mammals. Academic Press, 433 pp.

Naumann, C. & W. Greuter (1997): Die Biologischen Sammlungen – Funktion, Situation, Perspektiven. Im Auftrag der Direktorenkonferenz naturwissenschaftlicher Forschungssammlungen Deutschlands (DNFS). – Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn.

NCBI (1999a): A decade of data at NCBI. – NCBI News Summer 1999: 1-4.

NCBI (1999b): Genetic Sequence Data Bank 15 August 1999, NCBI-GenBank flat file release 113.0, distribution release notes. [ftp://ncbi.nlm.nih.gov/ genbank/gbre l.txt]

Nikolai, R., W. Kazakos, R. Kramer, S. Behrens, W. Swoboda & F. Kruse (1999): WWW-UDK 4.0: Die neue Generation eines Web-Portals zu deutschen und österreichischen Umweltdaten. Tagungsband des 13. Internationalen Symposiums "Informatik für den Umweltschutz", Magdeburg.

NSF (1998): Biological Research Collections (BRC), Program Announcement (NSF 98-126). – National Science Foundation, Directorate for Biological Sciences, Division of Biological Infrastructure.

OECD 1999: Meeting of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy at ministerial level, Paris, 22-23 June 1999, conclusions. – OECD News Release 23 June 1999, Paris. [http://www.oecd.org/news_and_events/release/nw99-68a.htm]

Page, B., E. Schikore & J. Mack (1996): Dokumentation der Umweltinformationssysteme des Bundes und der Länder. Erstellt im Auftrag des Bund-Länder-Arbeitskreises Umweltinformationssysteme (BLAK UIS). – Hamburg 1996.

Pankhurst, R. (ed.) (1999): Database of the Flora Europaea. [http://www.rbge.org.uk/forms/fe.html]

Pankhurst, R. & M. Pullan (1999): The Pandora taxonomic database system. – Royal Botanic Gardens, Edinburgh. [http://www.rbge.org.uk/research/pandora.home]

PNP (1999): The Plant Names Project. – The Royal Botanic Gardens, Kew, The Harvard University Herbaria, and the Australian National Herbarium, Harvard. [http://www.ipni.org/]

Rambold, G. & D. Triebel (1999): An online interactive key to the genera of lichenized and lichenicolous Ascomycetes. – In: LIAS – a DELTA-based determination and data storage system for lichenized and lichenicolous Ascomycetes. [www.botanik.biologie.uni-muenchen.de/botsamml/lias/liasonline.html]

Rheinwald, G. (1993): Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel von Deutschland. – Dachverband Deutscher Avifaunisten Nr.12, 264 Seiten.

Ride, W.D.L., H.G. Cogger, C. Dupuis, O. Kraus, A. Minelli, F.C. Thompson & P.K. Tubbs (eds.) (1999): International Code of Zoological Nomenclature 4th Edition. – International Trust for Zoological Nomenclature, British Museum (Natural History), London.

Riede, K. (1999): Das "Weltregister wandernder Tierarten" am Museum Koenig. Bonn. [http://www.biologie.uni-freiburg.de/data/riede/gromsger.html]

Robbins, R. J. (1998): What is Biological Informatics? - Conference of Biological Informatics, 6-8 July 1998, Canberra. [http://www.esp.org/rjr/canberra.pdf]

Saarenmaa, H. (1998): Development of the EIONET, the European Environment Information and Observation Network. – In: Conference Agenda and Papers, Intern. Conf. on the environment and related transport telematics results, June 4-5, 1998.

SBSTTA (1996): Practical approaches for capacity building for taxonomy. – Note by the Secretariat. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, Second Meeting, Montreal, 2 to 6 September 1996. UNEP/CBD/ SBSTTA/2/5 19 July 1996.

Schminke, H.K. (1996): Naturkundliche Sammlungen – das vernachlässigte Erbe? – Spektrum der Wissenschaft 1996:116-119.

Schumann, H., Bährmann, R. & A. Stark (Hrsg.) (1999): Entomofauna Germanica 2. Checkliste der Dipteren Deutschlands. – Studia dipterologica. Halle (Saale). Suppl. 2: 1-354.

Sneath, P.H.A. (ed.) (1992): International Code of Nomenclature of Bacteria, 1980 Revision. Washington.

Sp2000 (1999): Species 2000: Indexing the World's known species. [http://www.sp2000.org/]

Steininger, F.F. (ed.) (1996): Agenda Systematik 2000 – Erschließung der Biosphäre. – Kleine Senckenberg-Reihe 22. Kramer, Frankfurt/M.

Swoboda, W. , F. Kruse, R. Nikolai, W. Kazakos, D. Nyhuis & H. Rousselle (1999): The UDK Approach: the 4th Generation of an Environmental Data Catalogue Introduced in Austria and Germany. Proceedings of the Third IEEE Meta-Data Conference, Bethesda, Maryland. [http://computer.org/conferen/proceed/meta/1999/papers/45/wswoboda.html]

Szentendre, Hungary. [http://www.rec.org/REC/Programs/Telematics/Determine/EuroInfoSession/HSaarenmaa.html]

TDWG (1999): International Union for Biological Sciences, Taxonomic Database Working Group (TDWG). [http://www.tdwg.org/]

Trehane, P., C. D. Brickell, B. R. Baum, W. L. A. Hetterscheid, A. C. Leslie, J. McNeill, S. A. Spongberg & F. Vrugtman (1995): International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. [ICNCP or Cultivated Plant Code.] – Quarterjack Publishing, Wimborne.

Uetz, P. (1999): The EMBL reptile database, an online information resource on reptile taxonomy. [http://www.embl-heidelberg.de/~uetz/LivingReptiles.html]

UN (1992): Text of the Convention on Biological Diversity. [http://www.biodiv.org /]

UNEP (1976): Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean (Barcelona Convention). [http://www.unepmap.org/barce.zip]

UNEP (1979): Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (Bonn Convention). [http://www.wcmc.org.uk/cms/cms_conv.htm]

UNEP (1995): Global Biodiversity Assessment. (ed. by V. H. Heywood). – Cambridge University Press, Cambridge; xi, 1140 pp.

U N E P (1999a): Global Terrestrial Observing System. [http://www.fao.org/GTOS/]

U N E P (1999b): Global Resource Information Database GRID. [http://www.grid.unep.ch/gridhome.html]

U N E S C O (1994): Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung; geändert durch das Pariser Protokoll vom 3.12.1982 und die Regina-Änderungen vom 28.5.1987. – Büro für internationale Normen und rechtliche Angelegenheiten Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur, Paris. [http://iucn.org/themes/ramsar/ key_conv_g.htm]

U N E S C O (1999): Man and Biosphere Programme. [http://www.unesco.org/mab/]

W e i b e l, S., J. K u n z e, C. L a g o z e & M. W o l f (1998): Dublin Core Metadata for Resource Discovery. IETF #2413. – The Internet Society, September 1998

W i l s o n, D.E. & D.M. R e e d e r (ed.) (1993): Mammal Species of the World. Smithsonian Institution Press, Washington. 1206 pp. On-line version unter [http://www.nmnh.si.edu/msw/]

Z A D I (1999): Deutscher Clearing-House-Mechanismus (CHM), nationale Umsetzung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt. – Zentralstelle für Agrardokumentation und -information, BML. [http://www.dainet.de/bmu-cbd/]

Z f K (1993): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. Zentralstelle für die floristische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland (Nord), Bochum. – Flor. Rundbr. Beih. 3: 1-480.

Adressen der Autoren:

Walter G. Berendsohn, ZE Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Str. 6-8, D-14191 Berlin

Christoph L. Häuser, Staatliches Museum für Naturkunde, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart

Karl-Heinz Lampe, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Adenauerallee 160, D-53113 Bonn

# ANHANG

## Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

| | |
|---|---|
| ANIC | Australian National Insect Collection, Canberra |
| ASC | Association of Systematics Collections |
| BBA | Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft |
| BENE | Biodiversity and Ecosystems International |
| BCIS | Biodiversity Conservation Information System →BMU, BfN |
| BDTWG | Biodiversity Topic Working Group |
| BfN | Bundesamt für Naturschutz |
| BGBM | Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem (Zentraleinrichtung der Freien Universität Berlin) |
| BGCI | Botanic Gardens Conservation International |
| BIG | Bundesinformationssystem Genetische Ressourcen → BMU, BfN |
| BIN21 | Biodiversity Information Network |
| BioCISE | Biological Collection Information Service for Europe - Resource Identification (von der EU, DG-XII geförderte Konzertierte Aktion, 1997-1999) |
| BioFoS | Biologische Forschungssammlungen |
| BIOSIS/ZR | Zoological Record (index to world zoology literature produced since 1864) |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie |
| BML | Bundesministerium für Landwirtschaft |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit |
| CABI | "Commonwealth" Agricultural Bureaux International |
| CABIKEY | Computer Aided Biological Identification System, →CABI |
| CABRI | Common Access to Biotechnological Resources and Information (von der EU, DG-XII gefördertes Demonstrationsprojekt) |
| CBD | Convention on Biological Diversity (Übereinkommen über die biologische Vielfalt) |
| CDEFD | A Common Datastructure for European Floristic Databases (von der EU, DG-XII geförderte Konzertierte Aktion, 1993-1995) |
| CETAF | Consortium of European Large-Scale Taxonomic Facilities |
| CHM | Clearing House Mechanism of the Convention on Biological Diversity |
| CIESIN | Consortium for International Earth Science Information System |
| CITES | Convention on International Trade on Endangered Species; →UNEP |

| | |
|---|---|
| CMS | Bonn Convention on Migratory Species; →UNEP |
| CODATA | Committee on Data for Science and Technology of the International Council of Scientific Unions |
| CONABIO | Comision Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (Mexiko) |
| COP | Conference of Parties (Vertragsstaatenkonferenz) of the Convention on Biological Diversity |
| CORINE | Coordination of Information on the Environment |
| DEI | Deutsches Entomologisches Institut, Eberswalde |
| DELTA | Descriptive Language for Taxonomy |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| DG | Directorate General (EU Kommission Generaldirektoriat) |
| DNFS | Direktorenkonferenz Naturwissenschaftlicher Forschungssammlungen Deutschlands |
| DPD | Database of Plant Databases →IOPI |
| DSMZ | Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Braunschweig |
| EBI | European Bioinformatics Institute |
| ECNC | European Center for Nature Conservation |
| EEA | European Environmental Agency |
| EFTA | European Free Trade Association |
| EIONET | European Environmental Information and Observation Network → EEA |
| EMBL | European Molecular Biology Laboratory |
| ENRM | G7 Environment and Natural Resources Management |
| ERIN | Environmental Resources Information Network |
| ERMS | European Register of Marine Species |
| ETC/CDS | European Topic Center on the Catalogue of Data Sources →EUA |
| ETC/LC | European Topic Center on LandCover →EUA |
| ETC/NC | European Topic Center on Nature Conservation →EUA |
| ETI | Expert Center for Taxonomic Identification, Amsterdam |
| EU | Europäische Union |
| EUA | Europäische Umweltagentur |
| EUNIS | European Information System on Nature |

| | |
|---|---|
| EURING | European Union for Bird Ringing |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GBIF | Global Biodiversity Information Facility; →OECD Megascience Working Group on Biological Informatics |
| GEF | Global Environmental Facility |
| GEIN | German Environmental Information Network |
| GELOS | Global Environmental Information Locator Service |
| GENRES | Informationssysteme Genetische Ressourcen →BML, ZADI/IGR |
| GIS | Geographisches-Informations-System |
| GMSD's | Global Master Species Databases; →SP 2000 (Species 2000) |
| GPC | Global Plant Checklist; →IOPI |
| GROMS | Global Register of Migratory Species |
| GUS | Gemeinschaft unabhängiger Staaten (ehemalige Sowjetunion) |
| IAPT | International Association for Plant Taxonomy |
| ICLARM | International Centre for Living Aquatic Resources Management |
| IGR | Informationszentrum für genetische Ressourcen (→ZADI, → BML) |
| ILDIS | International Legume Database & Information Service |
| IMI | International Mycological Institute (Index of Fungi); →CABI |
| INBIO | Instituto Nacional de Biodiversidad (Costa Rica) |
| IOP | International Organization for Palaeobotany |
| IOPI | International Organization for Plant Information →GPC, SP2000 |
| IPK | Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben |
| IPNI | International Plant Name Index |
| ISIS | International Species Information System |
| IUBS | International Union of Biological Sciences |
| IUCN | International Union for Conservation of Nature |
| IUMS | International Union of Microbiological Societies |
| LIAS | DELTA-based Determination and Data Storage System for Lichenized and lichenicolous Ascomycetes (DFG-Projekt) |
| MAB | Man and Biosphere →UNESCO |
| MHNSM | Museo de Historia Natural, “San Marcos”, Lima, Peru |
| MTD | Museum für Tierkunde Dresden |
| NCBI | National Center for Biotechnology Information der USA(→GenBank) |
| NCU | Names in Current Use →IAPT |

| | |
|---|---|
| NHM | The Natural History Museum, London, UK |
| NSF | National Science Foundation der USA |
| OECD | Organization for Economic Cooperation and Development |
| OPTIMA | Organization for the Phytotaxonomic Investigation of the Mediterranean Area |
| PFRS | Plant Fossil Record Information System →IOP |
| PNP | The Plant Names Project |
| RMNL | Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden, Niederlande |
| SA 2000 | Systematics Agenda 2000 |
| SBSTTA | Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice |
| SCBD | Secretariat of the Convention on Biological Diversity |
| SP2000 | Species 2000 project |
| SPP | Species Plantarum Project →IOPI |
| TDWG | Taxonomic Databases Working Group (IUBS Commission on Taxonomic Databases) |
| TITAN | Taxonomic Index to Animal Names; →BIOSIS/ZR |
| TRITON | Taxonomy Resource & Index To Organism Names →BIOSIS/ZR |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UDK | Umwelt-Daten-Katalog |
| UIS | Umwelt-Informations-System |
| UN | United Nations |
| UNDP | United Nations Development Program |
| UN/ECE | UN Economic Commission for Europe |
| UNEP | United Nations Environment Program |
| UNESCO | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| USDA | United States Department of Agriculture |
| US FGDC | US Federal Geographic Data Commission |
| US-OBI | US Organization for Biodiversity Information |
| WBD | World Biodiversity Database →ETI |
| WCMC | World Conservation Monitoring Center |
| WDCM | World Data Centre for Microorganisms |
| WFCC | World Federation for Culture Collections |
| WRI | World Resource Institute |
| WWF | Worldwide Fund for Nature |

| | |
|---|---|
| WWW | World Wide Web (Internet) |
| ZADI | Zentralstelle für Agrardokumentation und -information; →BML |
| ZADI/IGR | Information Centre for Genetic Resources →BML |
| ZFK | Zentralstelle für die floristische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland |
| ZFMK | Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn |
| ZMB | Zoologisches Museum des Naturhistorischen Museums der Humboldt Universität Berlin |

In der Serie BONNER ZOOLOGISCHE MONOGRAPHIEN sind erschienen:

1. Naumann, C.M.: Untersuchungen zur Systematik und Phylogenese der holarktischen Sesiiden (Insecta, Lepidoptera), 1971, 190 S., DM 48,—
2. Ziswiler, V., H.R. Güttinger & H. Bregulla: Monographie der Gattung *Erythrura* Swainson, 1837 (Aves, Passeres, Estrildidae). 1972, 158 S., 2 Tafeln, DM 40,—
3. Eisentraut, M.: Die Wirbeltierfauna von Fernando Poo und Westkamerun. Unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung der pleistozänen Klimaschwankungen für die heutige Faunenverteilung. 1973, 428 S., 5 Tafeln, DM 106,—
4. Herrlinger, E.: Die Wiedereinbürgerung des Uhus *Bubo bubo* in der Bundesrepublik Deutschland. 1973, 151 S., DM 38,—
5. Ulrich, H.: Das Hypopygium der Dolichopodiden (Diptera): Homologie und Grundplanmerkmale. 1974, 60 S., DM 15,—
6. Jost, O.: Zur Ökologie der Wasseramsel (*Cinclus cinclus*) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Ernährung. 1975, 183 S., DM 46,—
7. Haffer, J.: Avifauna of northwestern Colombia, South America. 1975, 182 S., DM 46,—
8. Eisentraut, M.: Das Gaumenfaltenmuster der Säugetiere und seine Bedeutung für stammesgeschichtliche und taxonomische Untersuchungen. 1976, 214 S., DM 54,—
9. Raths, P., & E. Kulzer: Physiology of hibernation and related lethargic states in mammals and birds. 1976, 93 S., 1 Tafel, DM 23,—
10. Haffer, J.: Secondary contact zones of birds in northern Iran. 1977, 64 S., 1 Falttafel, DM 16,—
11. Guibé, J.: Les batraciens de Madagascar. 1978, 144 S., 82 Tafeln, DM 36,—
12. Thaler, E.: Das Aktionssystem von Winter- und Sommergoldhähnchen (*Regulus regulus, R. ignicapillus*) und deren ethologische Differenzierung. 1979, 151 S., DM 38,—
13. Homberger, D.G.: Funktionell-morphologische Untersuchungen zur Radiation der Ernährungs- und Trinkmethoden der Papageien (Psittaci). 1980, 192 S., DM 48,—
14. Kullander, S.O.: A taxonomical study of the genus *Apistogramma* Regan, with a revision of Brazilian and Peruvian species (Teleostei: Percoidei: Cichlidae). 1980, 152 S., DM 38,—
15. Scherzinger, W.: Zur Ethologie der Fortpflanzung und Jugendentwicklung des Habichtskauzes (*Strix uralensis*) mit Vergleichen zum Waldkauz (*Strix aluco*). 1980, 66 S., DM 17,—
16. Salvador, A.: A revision of the lizards of the genus *Acanthodactylus* (Sauria: Lacertidae). 1982, 167 S., DM 42,—
17. Marsch, E.: Experimentelle Analyse des Verhaltens von *Scarabaeus sacer* L. beim Nahrungserwerb. 1982, 79 S., DM 20,—
18. Hutterer, R., & D.C.D. Happold: The shrews of Nigeria (Mammalia: Soricidae). 1983, 79 S., DM 20,—
19. Rheinwald, G. (Hrsg.): Die Wirbeltiersammlungen des Museums Alexander Koenig. 1984, 239 S., DM 60,—
20. Nilson, G., & C. Andrén: The Mountain Vipers of the Middle East — the *Vipera xanthina* complex (Reptilia, Viperidae). 1986, 90 S., DM 23,—
21. Kumerloeve, H.: Bibliographie der Säugetiere und Vögel der Türkei. 1986, 132 S., DM 33,—
22. Klaver, C., & W. Böhme: Phylogeny and Classification of the Chamaeleonidae (Sauria) with Special Reference to Hemipenis Morphology. 1986, 64 S., DM 16,—
23. Bublitz, J.: Untersuchungen zur Systematik der rezenten Caenolestidae Trouessart, 1898 — unter Verwendung craniometrischer Methoden. 1987, 96 S., DM 24,—

24. Arratia, G.: Description of the primitive family Diplomystidae (Siluriformes, Teleostei, Pisces): Morphology, taxonomy and phylogenetic implications. 1987, 120 S., DM 30,—
25. Nikolaus, G.: Distribution atlas of Sudan's birds with notes on habitat and status. 1987, 322 S., DM 81,—
26. Löhrl, H.: Etho-ökologische Untersuchungen an verschiedenen Kleiberarten (Sittidae) — eine vergleichende Zusammenstellung. 1988, 208 S., DM 52,—
27. Böhme, W.: Zur Genitalmorphologie der Sauria: Funktionelle und stammesgeschichtliche Aspekte. 1988, 175 S., DM 44,—
28. Lang, M.: Phylogenetic and biogeographic patterns of Basiliscine Iguanians (Reptilia: Squamata: "Iguanidae"). 1989, 172 S., DM 43,—
29. Hoi-Leitner, M.: Zur Veränderung der Säugetierfauna des Neusiedlersee-Gebietes im Verlauf der letzten drei Jahrzehnte. 1989, 104 S., DM 26,—
30. Bauer, A. M.: Phylogenetic systematics and Biogeography of the Carphodactylini (Reptilia: Gekkonidae). 1990, 220 S., DM 55,—
31. Fiedler, K.: Systematic, evolutionary, and ecological implications of myrmecophily within the Lycaenidae (Insecta: Lepidoptera: Papilionoidea). 1991, 210 S., DM 53,—
32. Arratia, G.: Development and variation of the suspensorium of primitive Catfishes (Teleostei: Ostariophysi) and their phylogenetic relationships. 1992, 148 S., DM 37,—
33. Kotrba, M.: Das Reproduktionssystem von *Cyrtodiopsis whitei* Curran (Diopsidae, Diptera) unter besonderer Berücksichtigung der inneren weiblichen Geschlechtsorgane. 1993, 115 S., DM 32,—
34. Blaschke-Berthold, U.: Anatomie und Phylogenie der Bibionomorpha (Insecta, Diptera). 1993, 206 S., DM 52,—
35. Hallermann, J.: Zur Morphologie der Ethmoidalregion der Iguania (Squamata) — eine vergleichend-anatomische Untersuchung. 1994, 133 S., DM 33,—
36. Arratia, G., & L. Huaquin: Morphology of the lateral line system and of the skin of Diplomystid and certain primitive Loricarioid Catfishes and systematic and ecological considerations. 1995, 110 S., DM 28,—
37. Hille, A.: Enzymelektrophoretische Untersuchung zur genetischen Populationsstruktur und geographischen Variation im *Zygaena-transalpina*-Superspezies-Komplex (Insecta, Lepidoptera, Zygaenidae). 1995, 224 S., DM 56,—
38. Martens, J., & S. Eck: Towards an Ornithology of the Himalayas: Systematics, ecology and vocalizations of Nepal birds. 1995, 448 S., 3 Farbtafeln, DM 112,—
39. Chen, X.: Morphology, phylogeny, biogeography and systematics of *Phoxinus* (Pisces: Cyprinidae). 1996, 227 S., DM 57,—
40. Browne, D. J., & C. H. Scholtz: The morphology of the hind wing articulation and wing base of the Scarabaeoidea (Coleoptera) with some phylogenetic implications. 1996, 200 S., DM 50,—
41. Bininda-Emonds, O. R. P., & A. P. Russell: A morphological perspective on the phylogenetic relationships of the extant phocid seals (Mammalia: Carnivora: Phocidae). 1996, 256 S., DM 64,—
42. Klass, K.-D.: The external male genitalia and the phylogeny of Blattaria and Mantodea. 1997, 341 S., DM 85,—
43. Hörnschemeyer, T.: Morphologie und Evolution des Flügelgelenks der Coleoptera und Neuropterida. 1998, 126 S., DM 32,—
44. Solmsen, E.-H.: New World nectar-feeding bats: biology, morphology and craniometric approach to systematics, 1998, 118 S., DM 30,—
45. Berendsohn, W.G., C.L. Häuser & K.-H. Lampe: Biodiversitätsinformatik in Deutschland: Bestandsaufnahme und Perspektiven. 1999, 64 S., DM 16,–